

ESTUDO DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DO TEOR DE HUMIDADE DE COMBUSTÍVEIS
FLORESTAIS FINOS NA LOUSÃ - PORTUGAL, ENTRE 2000 E 2015

UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Davi Lucas Soares



UNIVERSIDADE D
COIMBRA



Davi Lucas Soares

**ESTUDO DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DO
TEOR DE HUMIDADE DE COMBUSTÍVEIS
FLORESTAIS FINOS NA LOUSÃ -
PORTUGAL, ENTRE 2000 E 2015**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos, orientada pelo Professor Doutor Domingos Xavier Filomeno Carlos Viegas, e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica.

Setembro de 2018

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

ESTUDO DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DO TEOR DE HUMIDADE DE COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS NA LOUSÃ - PORTUGAL, ENTRE 2000 E 2015

Ficha Técnica

Tipo de trabalho	Dissertação
Título	Estudo da evolução temporal do teor de humidade de combustíveis florestais finos na Lousã - Portugal, entre 2000 e 2015
Autor/a	Davi Lucas Soares
Orientador/a(s)	Professor Doutor Domingos Xavier Filomeno Carlos Viegas
Júri	Presidente: Doutor Lúcio José Sobral da Cunha Vogais: 1. Doutor António Rui de Almeida Figueiredo 2. Doutor Domingos Xavier Filomeno Carlos Viegas
Identificação do Curso	2º Ciclo em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos
Área científica	Ciências do Risco
Data da defesa	24-outubro-2018
Classificação	17 valores



UNIVERSIDADE D
COIMBRA



Faculdade de Ciências e Tecnologia

ESTUDO DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DO
TEOR DE HUMIDADE DE COMBUSTÍVEIS
FLORESTAIS FINOS NA LOUSÃ -
PORTUGAL, ENTRE 2000 E 2015

Davi Lucas Soares

Dissertação no âmbito do Mestrado em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos, orientada pelo Professor Doutor Domingos Xavier Filomeno Carlos Viegas, e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica.

setembro de 2018



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades que me confiou e por tantas bênçãos nesta caminhada.

Às minhas filhas e esposa, fontes de força e motivação que nos manteve de pé.

Aos meus pais, irmãos, cunhadas e sobrinhos, pelo apoio em todas as horas.

Aos meus sogros e à Dindinha, pela compreensão e auxílio incondicionais.

Ao Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, pela oportunidade e suporte.

Ao Dr. Xavier Viegas e à Sra. Teresa Viegas, pelo acolhimento, amizade, ensinamentos e exemplo de inabalável dedicação em defesa das Pessoas e da Floresta.

Aos Professores Dr. Lúcio Cunha, Dr. Alexandre Tavares e Dr. José Manuel Mendes, pela retidão, simpatia e honestidade na transmissão do saber.

Aos oficiais bombeiros Luiz Henrique Gualberto Moreira, Edgard Estevo da Silva e Luiz Antônio Alves de Matos, por terem permitido a imersão acadêmica no estrangeiro.

Aos oficiais bombeiros Fernando Augusto Alves Ferreira, Welter Alves das Chagas, Norton Ornelas Prates e Wagner Rogério Ribeiro, pela amizade e apoio em Montes Claros.

À Cônsul Dra. Joana Calição e seus assistentes, pelo apoio imediato e incondicional.

Ao Mestre André Rodrigues e à Isabel, pela amizade, apoio e exemplo de competência.

Ao Dr. Jorge Raposo e à Catarina, pela amizade, apoio e exemplo de serenidade.

Ao Daniel Mendes e à Mariana Torres, amigos certos nas horas incertas. Nunca esqueceremos.

Ao Dr. Filipe Henriques, pelo apoio e confiança de todas as horas.

Ao Mestre Luís Mário, pela amizade e exemplo de como se faz o impossível.

Ao Roberto Wagner e ao Maurílio Ângelo, pela amizade, camaradagem e bons momentos.

Aos companheiros Cláudia Almeida, Rita Cabral, João Lopes e Luís Lopes, pela amizade, solidariedade e acolhimento ao colega estrangeiro.

A todos e a todas que atuam junto ao CEIF, muito obrigado pelo apoio e camaradagem.

Aos profissionais da USF Pulsar, por tanta gentileza e cuidado com a minha família.

A todos e a todas que apoiaram a realização deste trabalho e permanência da minha família em Portugal – muito obrigado, bem haja!

RESUMO

Esta dissertação consolida e regista a análise desempenhada pelo autor, enquanto colaborador voluntário no Centro de Estudos Sobre Incêndios Florestais (CEIF), vinculado à Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial (ADAI), ligada ao Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) da Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT) - Universidade de Coimbra (UC), entre outubro de 2016 e dezembro de 2017. Desde 1987, o CEIF desenvolve um dos mais duradouros programas de medição do teor de humidade em combustíveis florestais finos, seja no âmbito da União Europeia ou mundial. As medições são realizadas a partir da coleta de amostras em área de floresta próxima à Escola Nacional de Bombeiros (ENB), no entorno do Aeródromo da Lousã, Distrito de Coimbra, Portugal. No local são coletados seis tipos de amostras de vegetação – vivas e mortas, dentre quatro espécies que são características do mosaico que compõe a floresta portuguesa. O conjunto de amostragem é formado pelas espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto), e pelas espécies arbustivas *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja). No âmbito da investigação promovida pelo CEIF, a escolha do remanescente florestal no entorno do aeródromo da Lousã, enquanto ponto de obtenção de amostras, com coordenadas geográficas de referência 40°08'38"N 008°14'41"W, altitude que varia entre 190 e 200 metros acima do nível médio do mar, permite uma série de vantagens logísticas à investigação, devido a proximidade entre a mata e o laboratório de incêndios florestais mantido pelo CEIF (< 1km), a presença da estação meteorológica do IPMA (< 500m), o fácil acesso por estrada de alcatrão (< 20m), a ausência de interferência nos resultados por agentes exógenos, tais como cursos d'água, plantações agrícolas e estruturas urbanas com a presença de máquinas e pessoas. Embora o TH não seja o único fator que influencie o comportamento de um incêndio florestal, dentre os diversos elementos que compõem o estudo sobre os incêndios florestais, a vegetação acaba por representar uma variável que desempenha a maior interferência na predisposição à ignição e no comportamento do fogo, pois a eclosão e propagação de grandes incêndios florestais têm ligação direta com o teor de humidade (TH) presente nos combustíveis florestais, o que permite inclusive prever o quão intenso ou severo será um incêndio florestal na zona de estudo, por meio de índice específico. A frequência dos procedimentos de amostragens da vegetação na Lousã é praticamente diária no decurso das Temporadas de Incêndios Florestais, nesta dissertação convencionada para o período compreendido entre junho e setembro, com a possibilidade de que ocorra variações anuais, para mais ou para menos, conforme o cenário climatológico, operacional e logístico do próprio CEIF. Assim, ao longo dos meses que têm registos menos expressivos de ocorrência de incêndios florestais – entre outubro e maio, os procedimentos limitam-se a aferições semanais ou até mesmo quinzenais, conforme o contexto. A investigação sistematiza os resultados produzidos pelo programa de amostragem de combustíveis florestais finos e limita-se ao período compreendido entre 01 de janeiro de 2000 e 31 de dezembro de 2015, o qual perfaz um total de dezesseis anos de trabalho, em que foram executados 2.523 (dois mil quinhentos e vinte e três) procedimentos de coleta e medição do teor de humidade em amostras da vegetação existente no remanescente florestal no entorno do aeródromo da Lousã. Os procedimentos mediram, ao longo dos anos, o TH das espécies arbóreas (folhas vivas e mortas) *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*, bem como das espécies arbustivas (folhas vivas e extremidades verdes) *Calluna vulgaris* e *Chamaespartium tridentatum*. O período de investigação apresenta um histórico de temporadas extremas de incêndios florestais, quando então a floresta portuguesa sofreu com a demasiada ocorrência de fogo, com o destaque negativo para 2003 e 2005, ao superarem a extensão de 400.000 e 300.000 hectares ardidos, respetivamente, ao longo desses anos. Dentre os dezesseis anos que compreendem o período de estudo, os registos do ICNF indicam que a área ardida anual superou aos 100.000 hectares, de forma intercalada durante nove anos, e manteve-se entre 50.000 e 100.000 hectares durante apenas quatro anos. Como avaliação positiva para os últimos dez anos da base de dados, observa-se que apenas 2010, 2012 e 2013 superaram a marca dos 100.000 hectares ardidos; ao passo que nos seis primeiros anos do período de investigação, a área ardida sempre foi superior a 100.000 hectares. A investigação comprometeu-se a testar as seguintes hipóteses: a) que as espécies florestais amostradas na Lousã pelo CEIF, desde 1987, apresentam padrões de variação sazonal; b) que há correlação entre a variação do teor de humidade das espécies florestais investigadas pelo CEIF na Lousã; c) que é possível correlacionar o teor de humidade dos combustíveis florestais finos, analisados na mata do aeródromo da Lousã, e os índices/sub-índices do Sistema Canadense de Indexação do Perigo de Incêndio, determinados para a Estação Meteorológica do Aeródromo da Lousã; d) que ocorre correlação entre o teor de humidade dos combustíveis florestais finos analisados na mata da Lousã e o número de ocorrências de incêndios florestais e área ardida no Concelho da Lousã e no Distrito de Coimbra. Os objetivos investigativos específicos foram estabelecidos na sequência: 1) apurar se há correlação estatística entre o teor de humidade das diferentes espécies; 2) indicar a significância das correlações entre o TH e as demais variáveis que compõem o objeto de estudo; 3) classificar as amostras em grupos (espécies arbóreas vivas, espécies arbóreas mortas e espécies arbustivas vivas), para então: a) conhecer a variação anual do TH para cada grupo de combustíveis, ao considerar valores médios na apresentação de cada ano; b) monitorar a variação do TH para cada grupo de combustíveis, ao observar a evolução do conjunto de resultados das amostragens; c) observar a variação do TH ao longo de todas as Temporadas de Incêndios Florestais; d) investigar se há correlação

estatística entre o TH das diferentes espécies que compõem o universo amostrado e os fatores meteorológicos apurados, obtidos por meio da estação meteorológica automática instalada ao lado da pista do aeródromo da Lousã, a menos de 500 metros da zona onde são coletadas as amostras; e) testar a correlação estatística entre o TH dos combustíveis florestais finos investigados na Lousã e os Índices / Sub-índices do Sistema Canadano de Perigo de Incêndio, como forma de possibilitar a estimação dos teores de humidade das diferentes espécies; f) checar se ocorre correlação estatística entre o TH dos combustíveis florestais finos investigados na Lousã e os registos de incêndios florestais no mesmo Concelho (Lousã) e no Distrito de Coimbra. No que se refere à metodologia científica para a produção da pesquisa, observa-se que a investigação foi balizada por cinco pilares: a revisão da literatura, a obtenção de dados, o tratamento das informações, a produção de resultados, discussão e conclusão. A obtenção de dados foi desempenhada a partir do acervo físico e eletrónico produzido e mantido pelo programa de amostragem, com a oportuna colaboração de profissionais que atuam no Centro de Investigação Sobre Incêndios Florestais, o que culminou no acesso a extenso banco de resultados, que acabou por ser compilado durante a dissertação; a base de dados foi criada a partir dos procedimentos de campo para a medição do TH em combustíveis florestais finos, a receber novas informações à medida em que as amostragens são realizadas. A unificação e tratamento inicial das informações utilizaram o *software* Microsoft Excel, v. 2016, com foco em padronizar a formatação dispersa ao longo dos anos. A consolidação dos dados permitiu a conferência da validade de cada registo histórico, portanto foi avaliado cada resultado de amostragem, com o objetivo de identificar e corrigir falhas de inserção de dados, formatação, fórmulas e eventuais erros que ocorrem em bases de dados tão extensas, especialmente pelo fato do acervo encontrar-se inicialmente em diferentes ficheiros, fracionados por ano civil. Após realizar a dupla conferência para os 2523 (dois mil quinhentos e vinte e três) procedimentos que registaram o TH dos combustíveis florestais finos na Lousã, entre 2000 e 2015, desdobrados em seis resultados distintos, ou seja, um dado por espécie (dois para Pinheiro-bravo e Eucalipto, devido à condição de folhas vivas e mortas), foi iniciado o trabalho de inserção dos dados meteorológicos (humidade relativa do ar, temperatura do ar atmosférico, precipitação pluviométrica e intensidade do vento) e dos valores obtidos a partir dos índices e sub-índices do Sistema Canadano de Risco de Incêndios. A partir da concentração dos dados e ao longo do tratamento informático da base, iniciou-se a verificação estatística dos resultados obtidos pela medição do TH dos combustíveis florestais finos na Lousã, entre 2000 e 2015, por meio do *software* IBM SPSS, v. 23, o que permitiu incorporar à dissertação um completo relatório acerca das correlações matemáticas entre os diversos elementos investigados, nomeadamente o teor de humidade dos combustíveis florestais finos, fatores meteorológicos, índices / sub-índices do Sistema Canadano de Risco de Incêndios, número de ignições e área ardida, estes últimos limitados à zona do Concelho da Lousã e ao Distrito de Coimbra. Ao longo da discussão estão apresentados os resultados obtidos por meio da aplicação de testes de correlação e regressão linear simples, a considerar dois intervalos distintos: 1) 2000 a 2015, todo o período de investigação e 2) as Temporadas de Incêndios Florestais. Os ensaios testaram a relação matemática entre: a) o TH de todas as espécies amostradas; b) o TH das espécies amostradas e os índices / sub-índices do *CFFWIS*; c) o TH das espécies amostradas e os dados meteorológicos registados na Lousã; d) o TH dos combustíveis florestais finos e os dados de incêndios florestais e área ardida no Concelho da Lousã e Distrito de Coimbra. A produção de resultados e a discussão estão publicados com diversas informações que poderão subsidiar novas investigações, em especial acerca do comportamento do fogo e emprego de modelos meteorológicos para a previsão de incêndios florestais, sem descartar a viabilidade de utilização por investigadores que estejam a trabalhar com pesquisas voltadas para a tênue relação entre o teor de humidade dos combustíveis florestais e os incêndios em vegetação.

PALAVRAS-CHAVE: Teor de humidade; Combustíveis florestais; Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio; *CFFWIS*; *LFFMC*; *FFMC*; *DMC*; *DC*; *ISI*; *BUI*; *FWI*.

ABSTRACT

*This research consolidates and records the analysis performed by the author, as a volunteer at the Center for Forest Fire Studies (CEIF), linked to the Association for the Development of Industrial Aerodynamics (ADAI), linked to the Department of Mechanical Engineering (DEM) of the Faculty of Science and Technology (FCT) - University of Coimbra (UC), between October 2016 and December 2017. Since 1987, CEIF has developed one of the most durable programs for measuring moisture content (MC) in fine forest fuels, whether within the EU or worldwide. The measurements are taken from the collection of samples in a forest area near the National School of Firefighters (ENB), near the Lousã Aerodrome, Coimbra District, Portugal. Six types of vegetation samples are collected at the place - living and dead, among four species that are characteristic of the mosaic that composes the portuguese forest. The heterogeneous set for the sampling is formed by the species *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) and *Eucalyptus globulus* (Eucalyptus), and the shrub species of *Calluna vulgaris* (Urze) and *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja). In the scope of the research promoted by CEIF, the choice of forest remnant around the Lousã aerodrome, as a sampling point, with reference geographic coordinates 40 °08'38"N 008 °14'41"W, altitude which varies between 190 and 200 meters above medium sea level, allows a number of logistical advantages to research, due to the proximity between the forest and the forest fire laboratory (LEIF) maintained by CEIF (<1km), the IPMA's weather station (<500m), the easy access by road (<20m), the absence of interference in the results by exogenous agents such as water courses, agricultural plantations and structures with the presence of machines and people. Although MC is not the only factor that influences the behavior of a forest fire, among the various elements that compose the study on forest fires, vegetation represents a variable that plays the major role in the ignition predisposition and fire behavior, as the hatching and propagation of large forest fires has direct connection with the forest fuels moisture content, and may even predict how intense or severe a forest fire will be in the study area, by means of a specific index. The frequency of vegetation sampling procedures in Lousã is practically daily, during the Forest Fire Seasons, in this dissertation agreed for the period between June and September; and annual variations may occur, more or less, according to the climatological, operational and CEIF's logistic scenario. Thus, during the months that have less expressive records of the occurrence of forest fires, the procedures are limited to weekly or even biweekly measurements, depending on the context. The investigation systematizes the results produced by the program of sampling of fine forest fuels, being limited to the period between January 1, 2000 and December 31, 2015, which makes a total of sixteen years of work, in which 2,523 (two thousand five hundred and twenty three) procedures of collection and measurement of the moisture content in samples of the existing vegetation in the forest remnant around Lousã aerodrome. The period of investigation presents a history of extreme seasons of forest fires, when the portuguese forest suffered too much fire, with the negative highlight for the years 2003 and 2005, exceeding the extension of 400,000 and 300,000 burnt by fire, respectively, during these years. Among the sixteen years that comprise the study period, the ICNF records indicate that the annual burned area exceeded 100,000 hectares in an intercalated fashion for nine years and remained between 50,000 and 100,000 hectares for only four years. As a positive evaluation for the last ten years of the database, it is observed that only 2010, 2012 and 2013 surpassed the mark of the 100,000 hectares burnt; whereas in the first six years of the investigation period the burning area has always exceeded 100,000 hectares. The research undertook to test the following hypotheses: a) that the forest species sampled in Lousã by the CEIF, since 1987, show patterns of seasonal variation; b) that there is correlation between the MC of the forest species investigated by CEIF in Lousã; c) that it is possible to correlate the moisture content of the fine forest fuels analyzed in the Lousã aerodrome forest and the index / sub-index of the Canadian Forest Fire Weather Index System (CFFWIS), determined for the Lousã Aerodrome Meteorological Station; d) that there is a correlation between the moisture content of the fine forest fuels analyzed in the Lousã forest and the number of occurrences of forest fires and burnt area in the Municipality of Lousã and in the District of Coimbra. The specific research objectives were established as follows: 1) to determine if there is a statistical correlation between the moisture content of the different species; 2) indicate the significance of the correlations between the MC and the other variables that make up the object of study; 3) to classify the samples into groups (live tree species, dead tree species and live shrub species), then: a) know the annual variation of the MC for each group of species, using average values in the presentation of each year; b) monitor the variation of the MC for each group of fuels, observing the evolution of the set of results of the samplings; c) observe the variation of the MC throughout all the Forest Fire Season; d) to investigate if there is statistical correlation between the MC of the different species that compose the universe sampled and the meteorological factors verified, obtained through the automatic meteorological station installed next to the runway of the aerodrome of Lousã (less than 500 meters from the zone where they are samples were collected); e) to test the statistical correlation between the MC of the fine forest fuels investigated in Lousã and the Index / Sub-index of the CFFWIS, as a way to*

allow the estimation of the MC of the different species; f) check if there is statistical correlation between the MC of the fine forest fuels investigated in Lousã and the records of forest fires in the same County (Lousã) and in the District of Coimbra. As regards the scientific methodology for the production of this dissertation, it is observed that the research was based on five pillars: literature review, data collection, information processing, production of results, discussion and conclusion. The data collection was carried out from the physical and electronic collection produced and maintained by the sampling program, using the collaboration of professionals working at the CEIF, which culminated in the access to an extensive results database, which was eventually compiled during the dissertation; the database was created from the field procedures for the measurement of MC in fine forest fuels, and information is added as new samplings are performed. The unification and initial treatment of the information used the software Microsoft Excel, v. 2016, focusing on standardizing dispersed formatting over the years. The consolidation of the data enabled the validation of each historical record to be checked, so each sampling result was evaluated, with the objective of identifying and correcting data insertion failures, formatting, formulas and possible errors that occur in such extensive databases, especially because the collection is initially in different files and broken down. After conducting a double conference of all 2523 (two thousand, five hundred and twenty three) procedures that recorded the MC of the fine forest fuels in Lousã, between 2000 and 2015, broken down into six distinct results, that is, one by species (two for Pinheiro bravo and Eucalyptus, due to the condition of live and dead leaves), the work of insertion of the meteorological data (relative humidity of the air, atmospheric air temperature, rainfall precipitation and wind) and values obtained from index and sub-index of the CFFWIS. Based on the concentration of the data and along the computer treatment of the base, the statistical results of the measurement of the MC of the forest fuels in Lousã, between 2000 and 2015, using the software SPSS v.23, which allowed to incorporate in the dissertation a complete report on the statistical correlations among the different investigated elements, namely the humidity content of the forest fuels, meteorological factors, index / sub-index of the CFFWIS, number of ignitions and burnt area, the latter limited to the area of the County of Lousã. During the discussion, the results obtained from the application of correlation tests are presented, considering two distinct intervals: 1) 2000 to 2015, the entire investigation period and 2) forest fire seasons. The tests verified the mathematical relationship between: a) the MC of all the species sampled; b) the MC of the sampled species and the CFFWIS index / sub-index; c) the MC of the species sampled and the meteorological data recorded in Lousã; d) the MC of the fine forest fuels and the data of forest fires and burnt area in the County of Lousã and District of Coimbra. The production of results and the discussion are published with a lot of data that may support new investigations, especially about the behavior of fire and the use of meteorological models for forest fire forecasting, and by researchers who are working with research focused on the tenuous relationship between the moisture content of forest fuels and vegetation fires.

KEYWORDS: moisture content, shrubland, grasslands, forest, CFFWIS, LFFMC, FFMC, DMC, DC, ISI, BUI, FWI.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	4
RESUMO	5
ABSTRACT	7
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	19
1.1. HIPÓTESES.....	19
1.2. OBJETIVO GERAL	19
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.4. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO.....	20
1.4.1. <i>Análise descritiva</i>	22
1.4.2. <i>Análise de correlação linear</i>	23
1.4.3. <i>Análise de regressão linear</i>	24
CAPÍTULO II – PROGRAMA DE AMOSTRAGEM DE COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS REALIZADO PELO CEIF NA LOUSÃ, PORTUGAL	26
CAPÍTULO III – VARIAÇÃO SAZONAL DO TEOR DE HUMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS NA LOUSÃ, PORTUGAL	34
3.1. ESPÉCIES ARBÓREAS – FOLHAS MORTAS.....	34
3.2. ESPÉCIES ARBÓREAS – FOLHAS VIVAS	37
3.3. ESPÉCIES ARBUSTIVAS – FOLHAS VIVAS	39
3.4. CORRELAÇÃO ENTRE O TEOR DE HUMIDADE DAS ESPÉCIES	42
CAPÍTULO IV – CORRELAÇÕES ENTRE O TEOR DE HUMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS E OS FATORES METEOROLÓGICOS	46
4.1. CORRELAÇÃO ENTRE AS ESPÉCIES ARBÓREAS MORTAS E OS FATORES METEOROLÓGICOS	46
4.1.1. <i>Método de regressão entre a espécie Pinus Pinaster (folhas mortas) e os fatores meteorológicos</i>	50
4.1.2. <i>Método de regressão entre a espécie Eucalyptus Globulus (folhas mortas) e os fatores meteorológicos</i>	50

4.2. CORRELAÇÃO ENTRE AS ESPÉCIES ARBÓREAS VIVAS E OS FATORES METEOROLÓGICOS.....	51
4.2.1. Método de regressão entre a espécie <i>Pinus Pinaster</i> (folhas vivas) e os fatores meteorológicos.....	55
4.2.2. Método de regressão entre a espécie <i>Eucalyptus Globulus</i> (folhas vivas) e os fatores meteorológicos.....	56
4.3. CORRELAÇÃO ENTRE AS ESPÉCIES ARBUSTIVAS VIVAS E OS FATORES METEOROLÓGICOS.....	56
4.3.1. Aplicação do método de regressão entre a espécie <i>Chamaespartium Tridentatum</i> e os fatores meteorológicos.....	60
4.3.2. Aplicação do método de regressão entre a espécie <i>Calluna Vulgaris</i> e os fatores meteorológicos.....	61

CAPÍTULO V – CORRELAÇÕES ENTRE O TEOR DE HUMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS E O CANADIAN FOREST FIRE WEATHER INDEX SYSTEM (CFFWIS) 63

5.1. CORRELAÇÃO ENTRE AS ESPÉCIES ARBÓREAS MORTAS E O CFFWIS	63
5.1.1. Aplicação do método de regressão entre a espécie <i>Pinus Pinaster</i> (folhas mortas) e o CFFWIS.....	64
5.1.2. Aplicação do método de regressão entre a espécie <i>Eucalyptus Globulus</i> (folhas mortas) e o CFFWIS.....	65
5.2. CORRELAÇÃO ENTRE AS ESPÉCIES ARBÓREAS VIVAS E O CFFWIS	66
5.2.1. Aplicação do método de regressão entre a espécie <i>Pinus Pinaster</i> (folhas vivas) e o CFFWIS.....	67
5.2.2. Aplicação do método de regressão entre a espécie <i>Eucalyptus Globulus</i> (folhas vivas) e o CFFWIS.....	68
5.3. CORRELAÇÃO ENTRE AS ESPÉCIES ARBUSTIVAS VIVAS E O CFFWIS	68
5.3.1. Aplicação do método de regressão entre a espécie <i>Calluna Vulgaris</i> e o CFFWIS.....	69
5.3.2. Aplicação do método de regressão entre a espécie <i>Chamaespartium Tridentatum</i> e o CFFWIS.....	70

CAPÍTULO VI – CORRELAÇÕES ENTRE O TEOR DE HUMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS, OS REGISTROS DE IGNIÇÕES E A EXTENSÃO DA ÁREA ARDIDA 72

6.1. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO ENTRE AS IGNIÇÕES EM ESPAÇO FLORESTAL E O TEOR DE HUMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS.....	72
6.1.1. Concelho da Lousã.....	72
6.1.2. Distrito de Coimbra.....	73
6.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO ENTRE A ÁREA ARDIDA EM ESPAÇO FLORESTAL E O TEOR DE HUMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS	74
6.2.1. Concelho da Lousã.....	75
6.2.2. Distrito de Coimbra.....	75

CAPÍTULO VII – CORRELAÇÕES ENTRE OS REGISTROS DE IGNIÇÕES, EXTENSÃO DE ÁREA ARDIDA E O CANADIAN FOREST FIRE WEATHER INDEX SYSTEM (CFFWIS) 78

7.1. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO ENTRE OS REGISTROS DE IGNIÇÕES EM ESPAÇO FLORESTAL E OS ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DO CFFWIS 78

7.1.1. Concelho da Lousã 78

7.1.2. Distrito de Coimbra 78

7.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO ENTRE A EXTENSÃO DE ÁREA ARDIDA EM ESPAÇO FLORESTAL E OS ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DO CFFWIS 79

7.2.1. Concelho da Lousã 79

7.2.2. Distrito de Coimbra 80

CAPÍTULO VIII – CORRELAÇÕES ENTRE OS REGISTROS DE IGNIÇÕES, EXTENSÃO DE ÁREA ARDIDA E OS FATORES METEOROLÓGICOS 81

8.1. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO ENTRE OS REGISTROS DE IGNIÇÕES EM ESPAÇO FLORESTAL E OS FATORES METEOROLÓGICOS..... 82

8.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO ENTRE A EXTENSÃO DE ÁREA ARDIDA EM ESPAÇO FLORESTAL E OS FATORES METEOROLÓGICOS..... 83

RESULTADOS..... 85

VARIAÇÃO SAZONAL DO TH DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS 85

CORRELAÇÃO ENTRE O TH DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS 86

TEOR DE HUMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS X OS FATORES METEOROLÓGICOS 87

TEOR DE HUMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS X CANADIAN FOREST FIRE WEATHER INDEX SYSTEM (CFFWIS) 88

TEOR DE HUMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS X REGISTROS DE IGNIÇÕES E ÁREA ARDIDA... 89

REGISTROS DE IGNIÇÕES E ÁREA ARDIDA X CANADIAN FOREST FIRE WEATHER INDEX SYSTEM (CFFWIS) 90

CONCLUSÃO 91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE MÉDIO DE FOLHAS MORTAS DO PINHEIRO-BRAVO E DO EUCALIPTO. LOUSÃ, PORTUGAL	34
GRÁFICO 2 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS MORTAS DO PINHEIRO-BRAVO E DO EUCALIPTO, AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL	35
GRÁFICO 3 VARIAÇÃO MENSAL DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS MORTAS DO PINHEIRO-BRAVO (MF C) E DO EUCALIPTO (MF F), AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL	36
GRÁFICO 4 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS VIVAS DO PINHEIRO-BRAVO E DO EUCALIPTO. LOUSÃ, PORTUGAL	38
GRÁFICO 5 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS VIVAS DO PINHEIRO-BRAVO E DO EUCALIPTO, AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL	38
GRÁFICO 6 VARIAÇÃO MENSAL DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS VIVAS DO PINHEIRO-BRAVO (MF P) E DO EUCALIPTO (MF E), AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL	39
GRÁFICO 7 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE PARTES VIVAS DAS ESPÉCIES ARBUSTIVAS URZE E CARQUEJA. LOUSÃ, PORTUGAL	40
GRÁFICO 8 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE PARTES VIVAS DAS ESPÉCIES ARBUSTIVAS URZE E CARQUEJA, AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL	41
GRÁFICO 9 VARIAÇÃO MENSAL DO TEOR DE HUMIDADE DE PARTES VIVAS DAS ESPÉCIES ARBUSTIVAS URZE (MF U) E CARQUEJA (MF CQ), AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL	41
GRÁFICO 10 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS MORTAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X TEMPERATURA DO AR. LOUSÃ, PORTUGAL	47
GRÁFICO 11 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS MORTAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X TEMPERATURA DO AR, AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL	47
GRÁFICO 12 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS MORTAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X HUMIDADE RELATIVA DO AR. LOUSÃ, PORTUGAL	48
GRÁFICO 13 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS MORTAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X HUMIDADE RELATIVA DO AR, AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL	48
GRÁFICO 14 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS MORTAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X PRECIPITAÇÃO. LOUSÃ, PORTUGAL ..	49
GRÁFICO 15 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS MORTAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X PRECIPITAÇÃO, AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL	49
GRÁFICO 16 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS VIVAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X PRECIPITAÇÃO. LOUSÃ, PORTUGAL	52
GRÁFICO 17 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS VIVAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X TEMPERATURA DO AR. LOUSÃ, PORTUGAL	53
GRÁFICO 18 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS VIVAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X HUMIDADE RELATIVA DO AR. LOUSÃ, PORTUGAL	53
GRÁFICO 19 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS VIVAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X PRECIPITAÇÃO, AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL	54
GRÁFICO 20 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS VIVAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X TEMPERATURA DO AR, AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL	54

GRÁFICO 21 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE FOLHAS VIVAS DO PINHEIRO-BRAVO E EUCALIPTO X HUMIDADE RELATIVA DO AR, AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL.	55
GRÁFICO 22 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE PARTES VIVAS DAS ESPÉCIES ARBUSTIVAS URZE E CARQUEJA X HUMIDADE RELATIVA DO AR. LOUSÃ, PORTUGAL.	58
GRÁFICO 23 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE PARTES VIVAS DAS ESPÉCIES ARBUSTIVAS URZE E CARQUEJA X HUMIDADE RELATIVA DO AR, AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL.	58
GRÁFICO 24 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE PARTES VIVAS DAS ESPÉCIES ARBUSTIVAS URZE E CARQUEJA X TEMPERATURA DO AR. LOUSÃ, PORTUGAL.	59
GRÁFICO 25 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE PARTES VIVAS DAS ESPÉCIES ARBUSTIVAS URZE E CARQUEJA X TEMPERATURA DO AR, AO LONGO DAS TEMPORADAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL.	59
GRÁFICO 26 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE PARTES VIVAS DAS ESPÉCIES ARBUSTIVAS URZE E CARQUEJA X HUMIDADE RELATIVA DO AR. LOUSÃ, PORTUGAL.	60
GRÁFICO 27 VARIAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE DE PARTES VIVAS DAS ESPÉCIES ARBUSTIVAS URZE E CARQUEJA X HUMIDADE RELATIVA DO AR, AO LONGO DA TEMPORADA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. LOUSÃ, PORTUGAL.	60

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 CORRELAÇÃO DE PEARSON APLICADA AO TEOR DE HUMIDADE DAS ESPÉCIES, DURANTE TODO O PERÍODO	43
TABELA 2 CORRELAÇÃO DE PEARSON APLICADA AO TEOR DE HUMIDADE DAS ESPÉCIES, DURANTE A TEMPORADA DE INCÊNDIOS.....	44
TABELA 3 CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE O TH DAS ESPÉCIES ARBÓREAS MORTAS E OS FATORES METEOROLÓGICOS, LOUSÃ.....	46
TABELA 4 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TEOR DE HUMIDADE DE PINUS PINASTER (MORTO) E OS FATORES METEOROLÓGICOS, LOUSÃ.....	50
TABELA 5 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TEOR DE HUMIDADE DE EUCALYPTUS GLOBULUS (MORTO) E OS FATORES METEOROLÓGICOS, LOUSÃ	51
TABELA 6 CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE O TH DAS ESPÉCIES ARBÓREAS VIVAS E OS FATORES METEOROLÓGICOS, LOUSÃ	52
TABELA 7 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TH DE PINUS PINASTER (FOLHAS VIVAS) E OS FATORES METEOROLÓGICOS, LOUSÃ.....	55
TABELA 8 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TH DE EUCALYPTUS GLOBULUS (FOLHAS VIVAS) E OS FATORES METEOROLÓGICO.....	56
TABELA 9 CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE O TH DAS ESPÉCIES ARBUSTIVAS VIVAS E AS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS, LOUSÃ	57
TABELA 10 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TH DE CHAMAESPARTIUM TRIDENTATUM E OS FATORES METEOROLÓGICOS.....	61
TABELA 11 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TH DE CALLUNA VULGARIS E OS FATORES METEOROLÓGICOS, LOUSÃ.....	61
TABELA 12 CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE O TH DAS ESPÉCIES ARBÓREAS MORTAS E OS ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DE CFFWIS, LOUSÃ	64
TABELA 13 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TH DE PINUS PINASTER (MORTO) E OS ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DE CFFWIS, LOUSÃ	64
TABELA 14 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TH DE EUCALYPTUS GLOBULUS (MORTO) E ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DE CFFWIS, LOUSÃ	65
TABELA 15 CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE O TH DAS ESPÉCIES ARBÓREAS VIVAS E OS ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DE CFFWIS, LOUSÃ	66
TABELA 16 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TH DE PINUS PINASTER (VIVO) E ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DE CFFWIS, LOUSÃ	67
TABELA 17 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TH DE EUCALYPTUS GLOBULUS (VIVO) E ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DE CFFWIS, LOUSÃ	68
TABELA 18 CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE O TH DAS ESPÉCIES ARBUSTIVAS VIVAS E OS ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DE CFFWIS, LOUSÃ	69
TABELA 19 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TH DE CALLUNA VULGARIS (VIVO) E ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DE CFFWIS, LOUSÃ	69
TABELA 20 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TH DE CHAMAESPARTIUM TRIDENTATUM (VIVO) E ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DE CFFWIS, LOUSÃ	70
TABELA 21 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TOTAL DE IGNIÇÕES NO CONCELHO DA LOUSÃ E TH DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS	73
TABELA 22 MODELO DE REGRESSÃO PARA A ÁREA ARDIDA E TH DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS, LOUSÃ	75
TABELA 23 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TOTAL DE IGNIÇÕES E OS ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DO CFFWIS, LOUSÃ	78
TABELA 24 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TOTAL DE ÁREA ARDIDA E OS ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DO CFFWIS, LOUSÃ	79
TABELA 25 MODELO DE REGRESSÃO PARA O TOTAL DE IGNIÇÕES EM ÁREA FLORESTAL E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS, LOUSÃ	82
TABELA 26 MODELO DE REGRESSÃO PARA A ÁREA ARDIDA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS, LOUSÃ	83

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	IMAGEM AÉREA DO AERÓDROMO DA LOUSÃ, OBTIDA POR SATÉLITE. FONTE: GOOGLE EARTH.	26
FIGURA 2	LOCAL ONDE É REALIZADA A COLETA DE AMOSTRAS. LOUSÃ, PORTUGAL. FONTE: CEIF.	27
FIGURA 3	BOLSA TÉRMICA UTILIZADA NOS PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM PELO CEIF NA LOUSÃ. FOTO: CEIF.	28
FIGURA 4	BALANÇA ANALÍTICA METTLER PM 600, UTILIZADA PELO CEIF NA LOUSÃ. FOTO: CEIF.	29
FIGURA 5	ANALISADORES DO TEOR DE HUMIDADE AND ML-50 E MB45, UTILIZADOS PELO CEIF NA LOUSÃ. FOTO: CEIF.	29
FIGURA 6	ESTUFA TERMORREGULADA DHG-9203A, UTILIZADA PELO CEIF NA LOUSÃ. FOTO: CEIF.	29
FIGURA 7	EXEMPLARES DE PINUS PINASTER E EUCALYPTUS GLOBULUS (VIVOS) NA ZONA DE AMOSTRAGEM DA LOUSÃ. FOTO: CEIF.	30
FIGURA 8	EXEMPLARES DE CALLUNA VULGARIS (VIVOS) NA ZONA DE AMOSTRAGEM DA LOUSÃ. FOTO: CEIF.	30
FIGURA 9	EXEMPLARES DE CHAMAESPARTIUM TRIDENTATUM (VIVOS) NA ZONA DE AMOSTRAGEM DA LOUSÃ. FOTO: CEIF.	30
FIGURA 10	EXEMPLARES DE FOLHAS MORTAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS NA ZONA DE AMOSTRAGEM DA LOUSÃ. FOTO: CEIF.	31
FIGURA 11	EXEMPLARES DE AGULHAS MORTAS DE PINUS PINASTER NA ZONA DE AMOSTRAGEM DA LOUSÃ. FOTO: CEIF.	31
FIGURA 12	DETERMINAÇÃO DO TH DAS ESPÉCIES ARBÓREAS MORTAS PINUS PINASTER E EUCALYPTUS GLOBULUS A PARTIR DO ANALISADOR DO TEOR DE HUMIDADE, LOUSÃ. FOTO: CEIF.	31
FIGURA 13	SEPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS POR RÉPLICAS, APÓS A PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E PESAGEM INICIAL NO LEIF, LOUSÃ. FOTO: CEIF.	32
FIGURA 14	COLOCAÇÃO DAS RÉPLICAS NA ESTUFA E ASPETO GERAL DA ESTUFA DE SECAGEM NO LEIF, LOUSÃ. FOTO: CEIF.	32
FIGURA 15	ESTRUTURA DO CFFWIS. FONTE: VIEGAS ET AL. (2011).	62

LISTA DE ABREVIATURAS

ADAI – Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial

ANPC – Autoridade Nacional de Proteção Civil

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

BUI – Build Up Index

CDOS – Centro Distrital de Operações e Socorro

CEIF – Centro de Estudos sobre Incêndios Florestais

CFFWIS – Canadian Forest Fire Weather Index System

DC – Drought Code

DMC – Duff Moisture Code

ENB – Escola Nacional de Bombeiros

FFMC – Fine Fuel Moisture Code

FWI – Fire Weather Index

GNR – Guarda Nacional Republicana

HR – Humidade Relativa do Ar Atmosférico

ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e Florestas

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

ISI – Initial Spread Index

LEIF – Laboratório de Estudos sobre Incêndios Florestais

LFFMC – Live Fine Fuel Moisture Content

PREC – Precipitação

TEMP – Temperatura do Ar Atmosférico

TH – Teor de Humidade

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

As Temporadas de Incêndios Florestais de 2016 e 2017, coincidentes com o calendário académico do Mestrado para o qual se produziu esta dissertação, alcançaram juntas os piores índices de sempre no que diz respeito a destruição de infraestruturas, número de ignições, extensão de área ardida e acidentes pessoais – que totalizaram cento e vinte vítimas fatais. Diante do cenário catastrófico que se desempenhou no seio da sociedade portuguesa, não sendo diferente no ambiente académico, a indignação humana e a vontade de colaborar pelo bem comum acabaram por motivar a proposta do tema de estudo.

Na sequência da temporada de incêndios de 2016, o estudo do teor de humidade dos combustíveis florestais finos surge como possibilidade de participar das atividades desempenhadas pelos investigadores do Centro de Estudos Sobre Incêndios Florestais (CEIF), vinculado à Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial (ADAI), associada ao Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) da Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT) da Universidade de Coimbra (UC), na condição de colaborador voluntário para as atividades desenvolvidas pelo Laboratório de Incêndios Florestais (LEIF), instalado junto à Escola Nacional de Bombeiros (ENB) no município da Lousã, Distrito de Coimbra - Portugal.

O problema dos incêndios florestais em Portugal, para além das questões climáticas, tem sido agravado por uma série de fatores, tal como as últimas décadas de ininterrupta migração das populações rurais para as grandes cidades, o que colaborou de forma expressiva para a redução da gestão dos combustíveis florestais no interior do país. A insuficiente gestão dos combustíveis florestais, ou de fato ausência, é consequência da redução das diversas modalidades de práticas agrossilvipastoris em território português, o que impacta não apenas no mosaico das populações arbóreas e arbustivas, mas acelera o processo de desertificação e a livre progressão de grandes incêndios florestais (Pereira, Trigo, da Camara, Pereira, & Leite, 2005).

Durante o período compreendido entre os anos 2000 e 2015, a floresta portuguesa foi atingida por temporadas extremas de grandes incêndios florestais, com destaque aos anos de 2003 e 2005, que superaram 400.000 e 300.000 hectares arditos, respetivamente. Observados os registos do ICNF para este período, os dados indicam que a área ardida anual superou aos 100.000 hectares durante nove anos e manteve-se entre 50.000 e 100.000 hectares por quatro anos. Mesmo diante de um cenário que compreende períodos com considerável extensão de área ardida, pode-se considerar como positivo o fato de que, ao longo dos dez últimos anos da base de dados, apenas em 2010, 2012 e 2013 a marca dos 100.000 hectares arditos foi superada; enquanto que, durante os seis primeiros anos do período de investigação, a área ardida sempre foi superior a 100.000 hectares. Considerando a extensão territorial de Portugal continental, tem-se que na maioria dos anos de investigação a área ardida superou a marca de 10% do território, o que indica, portanto, o potencial desse risco para Portugal (ICNF, 2016).

Dentre os diversos elementos que compõem o estudo sobre os incêndios florestais, o complexo de combustíveis florestais representa melhor a componente que exerce maior influência sobre o comportamento do fogo, uma vez que a ignição e propagação estão diretamente associados ao estado biofísico da vegetação, com destaque para o teor de humidade (TH) dos combustíveis florestais afetados, seja para avaliar a eclosão ou progresso do incêndio. Assim, embora o TH não seja o único fator que influencie o comportamento de um incêndio florestal, é imperioso investigar e conhecer sua tendência de comportamento para melhor compreender o risco que envolvem os incêndios florestais (D. Viegas, Viegas, & Ferreira, 1992).

Desta forma, pode-se reconhecer o teor de humidade dos combustíveis florestais enquanto fator tão importante quanto a carga, compactação, poder calorífico e continuidade da vegetação, sendo considerado, portanto, como fator indispensável para a fiel análise do risco de incêndios florestais (Fernandes, Botelho, & Loureiro, 2002).

De acordo com Chandler (1983), é inegável que o teor de humidade dos combustíveis florestais, vivos ou mortos, deve ser considerado na composição dos sistemas que se destinam a prever o risco de ignição dos incêndios, bem como está intrinsecamente associado às características de propagação desse processo natural (D. X. Viegas, Piñol, Viegas, & Ogaya, 2001).

Entretanto, devido às dificuldades operacionais e temporais para que se realize a medição do TH dos combustíveis florestais, a partir de amostras obtidas no ambiente rural, tornou-se usual a obtenção de valores por meio de métodos empíricos, com o objetivo de inserir esta variável na maioria dos sistemas que desenvolvem indicadores de risco de ignição e de intensidade de comportamento para os incêndios florestais. Portanto, é comum que os índices de perigo desenvolvidos para os incêndios florestais recebam valores obtidos por métodos estimativos, a partir de informações meteorológicas (Chuvienco, Aguado, & Dimitrakopoulos, 2004).

Rossa & Fernandes (2017) afirmam que a consciência sobre a importância do teor de humidade dos combustíveis é tão antiga quanto a própria investigação dos incêndios florestais, e comentam que a relação entre a taxa de propagação do fogo e o TH da vegetação combustível pode ser inicialmente avaliada de modo bastante simples, ou seja, quanto maior for o volume de água contido nas plantas, maiores serão a energia e tempo necessários para sua vaporização, logo diminuir-se-á a velocidade e a intensidade de propagação do incêndio.

Portanto, como forma de corroborar na aceitação de que as variações no teor de humidade dos combustíveis florestais influenciam diretamente no risco de ignição e comportamento do fogo, Pollet & Brown (2007) asseveram que as tomadas de decisão relativas aos incêndios florestais devem ser subsidiadas por informações confiáveis acerca do padrão de variação desse elemento.

Em síntese, conclui-se que a suscetibilidade da vegetação ao processo de inflamação modificar-se-á conforme o teor de humidade da vegetação e que essa inflamabilidade também caracteriza o grau de dificuldade para a extinção de um eventual incêndio. Desta forma, quanto maior a quantidade de água na composição da vegetação, maior será a resistência do combustível florestal à inflamação e mais facilmente poderá ser extinto um provável incêndio que vier a ardê-la (Viegas et al., 1992).

Neste contexto, o CEIF empenha recursos humanos e logísticos para o desenvolvimento de um dos mais antigos e longos programas de medição do teor de humidade em combustíveis florestais finos no âmbito da União Europeia, que fora iniciado em 1987 e mantém-se até a atualidade, sendo desempenhado em área de remanescente florestal (Fig. 1) próxima ao laboratório do CEIF e à ENB, no entorno do Aeródromo da Lousã, Distrito de Coimbra, Portugal.

1.1. Hipóteses

A dissertação comprometeu-se a investigar as seguintes hipóteses:

- i. as espécies florestais que são amostradas na Lousã pelo CEIF, desde 1987, apresentam padrões de variação sazonal;
- ii. há correlação entre a variação do teor de humidade das espécies florestais investigadas pelo CEIF na Lousã;
- iii. é possível correlacionar o teor de humidade dos combustíveis florestais finos analisados na mata do aeródromo da Lousã e os Índices do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio, determinados para a Estação Meteorológica do Aeródromo da Lousã;
- iv. ocorre correlação entre o teor de humidade dos combustíveis florestais finos analisados na mata da Lousã, o número de ocorrências de incêndios florestais e a extensão de área ardida no Concelho da Lousã e no Distrito de Coimbra.

1.2. Objetivo Geral

O presente estudo teve como objetivo central sistematizar o banco de dados criado pelo programa de amostragem de combustíveis florestais finos, com análise limitada ao período compreendido entre 01 de janeiro de 2000 e 31 de dezembro de 2015, o qual perfaz um total de dezesseis anos de trabalho e 2523 (dois mil quinhentos e vinte e três) procedimentos que determinaram o teor de humidade das espécies arbóreas *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (vivas e mortas) e das espécies arbustivas *Calluna vulgaris* e *Chamaespartium tridentatum* (vivas), em que as amostragens foram integralmente realizadas em uma área de vegetação limítrofe ao aeródromo da Lousã, Distrito de Coimbra, Portugal.

1.3. Objetivos Específicos

A partir da sistematização do banco de dados, os seguintes objetivos investigativos específicos foram cumpridos em sequência:

- i. apurar se há correlação estatística entre o teor de humidade das diferentes espécies;
- ii. indicar a significância das correlações entre o TH e as demais variáveis que compõem o objeto de estudo;
- iii. classificar as amostras em grupos, para então facilitar a interpretação dos resultados e dos gráficos, da seguinte forma:
 - Espécies arbóreas vivas;
 - Espécies arbóreas mortas;
 - Espécies arbustivas vivas.
- iv. representar a variação diária e anual do TH para cada grupo de combustíveis, por meio da elaboração de gráficos anuais;
- v. ilustrar a variação diária e anual do TH para cada grupo de amostras, limitados aos dados obtidos na Temporada de Incêndios Florestais - período compreendido entre 01 de junho e 30 de setembro de cada ano;
- vi. investigar se há correlação estatística entre o TH das diferentes espécies que compõem o universo amostrado e os fatores meteorológicos apurados, obtidos por meio da estação meteorológica automática instalada ao lado da pista do aeródromo da Lousã e que dista aproximadamente 500m da zona onde são coletadas as amostras;
- vii. verificar se há significância na correlação matemática entre o TH dos combustíveis florestais finos investigados na Lousã e os Índices / Sub-índices do Sistema Canadano de Perigo de Incêndio;
- viii. testar se há correlação estatística entre o TH dos combustíveis florestais finos amostrados e os registos de incêndios florestais no Concelho da Lousã e no Distrito de Coimbra, ambos em Portugal.

1.4. Metodologia de investigação

A investigação centra-se no banco de dados que consolida os resultados do programa de medição do teor de humidade dos combustíveis florestais finos – mortos e vivos, desenvolvido pelo CEIF, a partir da amostragem de espécies arbóreas *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (folhas vivas e mortas) e de espécies arbustivas *Calluna vulgaris* e *Chamaespartium tridentatum* (partes vivas), a partir de amostras da vegetação existente em região limítrofe ao aeródromo da Lousã, Distrito de Coimbra, Portugal, no período compreendido entre 2000 e 2015.

Também foram tabuladas as séries históricas de temperatura, humidade relativa do ar, vento, precipitação, quantidade de incêndios florestais e extensão de área ardida, bem como os índices e sub-índices do Sistema Canadano de Perigo de Incêndio, a saber: *FFMC* (índice de humidade de combustíveis finos), *DC* (índice de secura), *DMC* (índice de humidade da camada orgânica), *ISI* (índice de propagação inicial), *BUI* (índice de combustível disponível) e *FWI* (índice de intensidade do incêndio).

No que se refere à metodologia de trabalho, pode-se dizer que o desenvolvimento foi sustentado por quatro linhas de ação:

- a) revisão da literatura;
- b) obtenção de dados;
- c) tratamento das informações;
- d) produção de resultados, discussão e conclusão.

A revisão da literatura foi realizada na primeira fase da dissertação, por meio da consulta ao acervo da biblioteca mantida pelo CEIF, da leitura de artigos científicos publicados em jornais e revistas especializados em incêndios florestais, da obtenção de livros e manuais que abordem a medição do teor de humidade dos combustíveis florestais como objeto de investigação.

A obtenção de dados foi desempenhada a partir do acervo físico e eletrónico mantido pelo CEIF, contando com a colaboração de profissionais que atuam nesse Centro de Investigação, sendo possível obter e compilar extensa base de dados criada a partir dos procedimentos de campo para a medição do TH em combustíveis florestais finos. A unificação e tratamento inicial das informações utilizou o *software* Microsoft Excel, v. 2016, licenciado ao autor pela Universidade de Coimbra.

A consolidação dos dados permitiu a conferência da validade de cada registo histórico, portanto os procedimentos de amostragem foram avaliados individualmente, o que permitiu identificar e reparar todas as eventuais falhas de inserção de dados, formatação, edição de fórmulas e eventuais erros que ocorrem em bases de dados que editadas por mais de uma pessoa por tanto tempo, com destaque ao fato do acervo encontrar-se inicialmente em diferentes ficheiros.

Após a dupla conferência de todos os 2523 (dois mil quinhentos e vinte e três) procedimentos que registaram o TH dos combustíveis florestais finos na Lousã, entre 2000 e 2015, desdobrados em seis resultados distintos, ou seja, um por espécie, foi iniciado o trabalho de inserção dos dados meteorológicos (humidade relativa do ar, temperatura, precipitação e vento) e dos resultados obtidos a partir dos índices e sub-índices do Sistema Canadano de Risco de Incêndios.

A partir da consolidação de todos os dados em um único ficheiro, sob o mesmo padrão de registo e apresentação, iniciou-se a produção de gráficos anuais e gráficos para as temporadas de incêndios, totalizando 96 (noventa e seis) resultados (Anexo I).

Assim, após a criação do acervo de gráficos apresentados pelo Anexo I, inicia-se a investigação do comportamento do TH dos combustíveis florestais finos, a partir da observação dos resultados de cada espécie, ano a ano, praticamente de modo visual e intuitivo.

Na sequência dos trabalhos, deu-se início à consolidação dos registos de incêndios e área ardida no país para o mesmo período, 01 de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2015, cujos dados foram obtidos por meio de arquivos disponibilizados pelo Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (ICNF), os quais prestaram uma resposta limitada à pesquisa por questões de variação nos padrões de registo e formatação dos dados pela entidade cessionária das informações.

Em paralelo, foram incorporados à base de dados os registos históricos da observação atmosférica realizada pela estação meteorológica automática monitorada pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), instalada a cerca de 500 metros da área de colheita das amostras de combustíveis florestais finos. As tarefas anteriores foram desenvolvidas em consonância à revisão bibliográfica, uma vez que as etapas extrapolariam o calendário de trabalho, devido ao volume de dados a serem trabalhados e ao tempo necessário para concluir a organização dessas informações. Após a consolidação do banco de dados, iniciou-se o tratamento estatístico dos resultados da medição do TH dos combustíveis florestais finos na Lousã, entre 2000 e 2015, utilizando como ferramenta o *software* IBM SPSS v.23, licenciado ao autor pela Universidade de Coimbra, o qual permitiu incorporar à dissertação um completo relatório acerca das correlações matemáticas entre os diversos elementos investigados, nomeadamente o teor de humidade dos combustíveis florestais finos, fatores meteorológicos, índices / sub-índices do Sistema Canadano de Risco de Incêndios, número de ignições e extensão da área ardida.

Por fim, para a produção da discussão, a presente dissertação desenvolveu-se não somente a partir do acervo de dados produzidos pelo CEIF, mas também pelos significativos ensaios estatísticos obtidos ao longo da investigação, como resultado das correlações entre:

- i. o TH de todas as espécies analisadas pelo CEIF, durante todo o período de estudo (2000 a 2015) e Temporadas de Incêndios Florestais;
- ii. o TH dos combustíveis florestais finos e os índices / sub-índices do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio Florestal, observando-se os mesmos períodos definidos na primeira correlação;
- iii. o TH dos combustíveis florestais finos e os dados meteorológicos registados na Lousã, observando-se os mesmos períodos adotados para a primeira correlação;
- iv. o TH dos combustíveis florestais finos, o número de incêndios florestais e a extensão da área ardida no Concelho da Lousã e Distrito de Coimbra.

1.4.1. Análise descritiva

Para todos valores de TH obtidos, a partir dos seis tipos de amostras coletadas, foram desenvolvidos gráficos que ilustram os valores obtidos para todas as espécies, que estão apresentadas em pares, estipulados neste trabalho conforme a semelhança de características biológicas e dos resultados alcançados no programa de amostragem. Desta forma, os gráficos

foram criados sempre a partir da comparação entre duas amostras que representam as espécies arbóreas mortas, arbóreas vivas e arbustivas vivas.

Foram trabalhados dados diários, além das médias mensais e anuais, conforme os objetivos de observação, o que possibilitou a edição de gráficos para cada ano civil (janeiro a dezembro) e para todas as Temporadas de Incêndios Florestais (junho a setembro), além de gráficos que consolidam os dados médios de todos os anos, como ferramenta que permitiu ao autor melhor compreensão dos dados.

1.4.2. Análise de correlação linear

Considerando que esse tipo de ponderação não intenciona explicar uma relação de causa e consequência, mas sim apresentar a tendência de comportamento que ocorre entre duas variáveis (positiva ou negativa), a análise de correlação foi aplicada para verificar se duas variáveis tendem a crescer juntas ou se o aumento de uma é seguido pela diminuição da outra (Triola, 2013).

Foram desenvolvidas análises matemáticas, por meio do método de correlação de Pearson, entre todas as variáveis investigadas, com o objetivo de conhecer a significância entre:

- a) o TH das espécies, ao longo dos dezesseis anos compreendidos entre 2000 e 2015;
- b) o TH das espécies, durante as Temporadas de Incêndios Florestais;
- c) o TH das espécies arbóreas (folhas mortas e vivas) e os fatores meteorológicos;
- d) o TH das espécies arbustivas (partes vivas) e as condições meteorológicas;
- e) o TH das espécies arbóreas (folhas mortas e vivas) e os índices / sub-índices do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio (*CFFWIS*);
- f) o TH das espécies arbóreas (folhas vivas) e os índices / sub-índices do *CFFWIS*;
- g) o TH das espécies arbustivas (folhas vivas) e os índices / sub-índices do *CFFWIS*;
- h) o número de ignições, a extensão da área ardida e o TH dos combustíveis florestais finos no Concelho de Lousã e no Distrito de Coimbra;
- i) o número de ignições, a extensão da área ardida e os índices / sub-índices do *CFFWIS* no Concelho de Lousã e no Distrito de Coimbra;
- j) o número de ignições, a extensão da área ardida e os fatores meteorológicos no Concelho da Lousã e no Distrito de Coimbra.

De acordo com Mário Triola (2013), a correlação é interpretada a partir de um resultado, limitado ao intervalo entre -1 e 1, em que os extremos indicam a situação perfeita, ou seja, em que os dados estão totalmente alinhados numa reta crescente ($r = 1$) ou numa reta decrescente ($r = -1$), nas quais cada ponto é composto pelo cruzamento dos valores da variável 1 (eixo x ou eixo das abcissas) com os valores da variável 2 (eixo y ou eixo das ordenadas).

Além de observar a dimensão da correlação, ou seja, conhecer quão mais próximo dos extremos está o resultado, foi preciso observar também a significância dos resultados. Neste trabalho, buscou-se reconhecer as correlações com significância na ordem de 1%, entretanto, foi respeitada

a convenção estatística que tolera até 5% como índice de significância (p) adequado. Logo, os resultados em que $p < 5\%$ foram considerados significativos. Ao passo que os resultados com valor $p > 5\%$ são considerados não significativos, uma vez que matematicamente não retratam a realidade do comportamento do grupo investigado (Magalhães & Lima, 2004).

1.4.3. Análise de regressão linear

Sabe-se que o objetivo central da análise por meio de cálculos de regressão é estabelecer a causa e consequência entre variáveis, permitindo verificar se uma variável (chamada de independente) exerce influência em outra variável de interesse (chamada dependente). Os modelos de regressão permitem também verificar a significância, ou seja, se a relação entre duas variáveis apresenta relevância estatística, além de permitir obter o coeficiente de determinação (R^2), o qual identifica o quanto da variação presente na variável dependente é explicada pela variável independente, resume-se que quanto mais próximo de 100% está esse valor, melhor é o ajuste e maior será a explicação entre as variáveis (Magalhães & Lima, 2004).

Os modelos de regressão também têm uma característica preditiva, ou seja, com o modelo matemático feito, é possível prever valores para a variável dependente apenas imputando valores à variável independente. Neste contexto, a presente dissertação apresenta regressões simples, com apenas uma variável X, chamada de explicativa. O modelo geral de uma regressão simples é obtido a partir da equação a seguir:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

Onde:

Y – variável dependente (resposta), aquela que se deseja (consequência) conhecer.

β_0 – constante do modelo. Se a X for atribuído o valor zero, Y será igual a essa constante.

X – variável independente (explicativa), aquela que atuará sobre Y (causa).

β_1 – coeficiente que atua sobre a variável X. Se positivo, aumenta Y à medida que X aumenta. Se negativo, reduz Y à medida que X aumenta.

Para avaliar se o modelo pode ser extrapolado – utilizado para realizar previsões – o resultado precisa ser significativo e, assim como na correlação de Pearson, os valores acima de 5% indicam que o modelo não possui significância matemática, portanto, nessas condições os resultados não serão considerados.

Ao longo da investigação foram desenvolvidos modelos de regressão entre:

- a) TH das espécies arbóreas *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (folhas mortas e vivas) e os fatores meteorológicos;
- b) TH das espécies arbustivas *Calluna vulgaris* e *Chamaespartium tridentatum* (vivas) e os fatores meteorológicos;
- c) TH de *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (folhas mortas e vivas) e os índices / sub-índices do *CFFWIS*;
- d) TH de *Calluna vulgaris* e *Chamaespartium tridentatum* (vivas) e os índices / sub-índices do *CFFWIS*;
- e) total de ignições no Concelho da Lousã, Distrito de Coimbra e o TH dos combustíveis florestais finos (folhas mortas e vivas);
- f) área ardida no Concelho da Lousã, Distrito de Coimbra e o TH dos combustíveis florestais finos (folhas mortas e vivas);
- g) total de ignições no Concelho da Lousã, Distrito de Coimbra e os índices / sub-índices do *CFFWIS* obtidos no Concelho de Lousã;
- h) área ardida no Concelho da Lousã, Distrito de Coimbra e os índices / sub-índices do *CFFWIS* obtidos no Concelho de Lousã;
- i) total de ignições em área florestal no Concelho da Lousã, Distrito de Coimbra e condições meteorológicas observadas no aeródromo da Lousã;
- j) extensão da área ardida no Concelho da Lousã, Distrito de Coimbra e condições meteorológicas observadas no aeródromo da Lousã.

CAPÍTULO II – PROGRAMA DE AMOSTRAGEM DE COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS REALIZADO PELO CEIF

A definição criteriosa da área de recolha e estudo, a escolha acurada das espécies que serão monitoradas, o estabelecimento adequado do número de amostras, o planeamento correto quanto a frequência e período de trabalho interferem diretamente na obtenção de resultados robustos e, conseqüentemente, permitem a criação de uma base de dados confiável. Portanto, o sucesso do programa de amostragem inicia-se a partir da execução criteriosa das etapas que antecedem ao programa de amostragem (Norum e Miller, 1984).

No âmbito da investigação promovida pelo CEIF, a escolha do remanescente florestal no entorno do aeródromo da Lousã como campo de coleta de amostras, com as coordenadas geográficas de referência 40°08'38''N 008°14'41''W, altitude entre 190 e 200 metros, permite uma série de vantagens logísticas à investigação, devido a proximidade entre a mata e o laboratório de incêndios florestais mantido pelo CEIF (< 1km), a presença da estação meteorológica do IPMA (< 500m), o fácil acesso por estrada de alcatrão (< 20m), a ausência de interferência nos resultados por agentes exógenos, tais como cursos d'água, plantações agrícolas e estruturas urbanas com a presença de máquinas e pessoas, conforme se observa nos detalhes da Figura 1.



Figura 1 imagem aérea do aeródromo da Lousã, obtida por satélite. Fonte: Google Earth.

Além das facilidades encontradas para a execução dos procedimentos, outro importante aspeto associado ao local de amostragem deve-se ao fato de que as espécies encontradas na área de estudo permitem representar a floresta portuguesa, uma vez que são comumente encontradas em todo o território nacional. De acordo com Viegas et al. 1992, para o programa de investigação mantido

pelo CEIF desde 1987, as amostras dos combustíveis florestais finos são recolhidas em povoamento de *Pinus pinaster* e de *Eucalyptus globulus*, em vertente (Figura 2) de solo xistoso, com 30% de inclinação e orientada para o hemisfério Sul, limitando-se a colheita de folhas mortas e vivas de *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo), folhas mortas e vivas de *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) e extremidades verdes e folhas vivas de *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja).

Portanto, considerando que a vegetação disponível na área de amostragem deve representar o conjunto florestal que se pretende investigar (neste caso, a floresta portuguesa), as espécies selecionadas cumprem os objetivos do programa de investigação do teor de humidade mantido pelo CEIF, uma vez que representam o mosaico de floresta¹ existente em Portugal continental, competindo ao Pinheiro-bravo e ao Eucalipto a representação das espécies resinosas e folhosas, respetivamente, enquanto que à Urze e à Carqueja cumpre representar as espécies arbustivas existentes nas áreas de matos² (Lopes, Viegas, Lemos, & Viegas, 2014).



Figura 2 local onde é realizada a coleta de amostras. Lousã, Portugal. Fonte: CEIF.

A amostragem das espécies investigadas na Lousã é realizada com uma periodicidade que se alterna ao longo do ano, com uma frequência quase que diária durante o período de maior

¹ Composição de vegetação onde se verifica a presença de árvores florestais que tenham atingido, ou que pelas suas características ou forma de exploração, venham a atingir altura superior a 5 m, e cujo grau de coberto (definido pela razão entre a área da projeção horizontal das copas das árvores e a área total da superfície de terreno) seja maior ou igual a 10% (ICNF, 2013).

² Composição de vegetação espontânea composta por Urzes, Silvas, Giestas, Tojos, Carqueja, Alecrim, Azevinho, Esteva, Zimbros e Herbáceas, ou por formações arbustivas (ex.: Carrascais ou Medronhais espontâneos) com mais de 25% de coberto e altura superior a 50 cm. (ICNF, 2013).

ocorrência de incêndios florestais – neste trabalho convencionada para o período compreendido entre junho e setembro – e com uma periodicidade semanal ou até mesmo quinzenal, ao longo do período com menor número de incêndios em vegetação, entre outubro e maio.

O trabalho de campo é realizado majoritariamente entre as 12 e 13 horas locais, pois é nesse horário que se observa o risco mais elevado de incêndio – momento em que ocorrem a mais elevada temperatura do ar e a mais baixa humidade relativa do ar – sendo então o momento ideal para a amostragem. É desejável que a amostragem seja executada à mesma hora do dia e nos mesmos dias da semana, com o objetivo de garantir a fiabilidade dos valores obtidos, não sendo razoável desconsiderar que as variações de horário e dia para a coleta podem (e vão) ocorrer por várias razões. O fato da folhagem se encontrar húmida, devido a chuva ou ao orvalho, impede que o profissional realize o trabalho de campo e acaba por retardar a execução ou até mesmo por adiar a amostragem para outra data, uma vez que não se deve realizar a coleta do material combustível nessas condições (Norum & Miller, 1984).

A execução da amostragem demanda uma série de rotinas e cuidados, não apenas durante a mensuração do TH, mas em todas as etapas para evitar resultados falsos em detrimento do estado real de humidade contida na vegetação – especialmente quando ocorre a contaminação dos combustíveis florestais finos (mortos e vivos) por sujidades ou água. Assim, ao coletar as amostras na Lousã, o profissional coletor utiliza uma bolsa térmica para acondicionar as amostras em receptáculo vedado e efetuar o transporte ao abrigo do calor e luz solar (Figura 3).



Figura 3 bolsa térmica utilizada nos procedimentos de amostragem pelo CEIF na Lousã. Foto: CEIF.

No Laboratório de Estudos sobre Incêndios Florestais (LEIF), mantido pelo CEIF junto à ENB, durante o processo de amostragem é utilizada uma balança analítica (Mettler PM 600) com precisão de 0,01 gramas e capacidade de 1000 gramas para pesagem das amostras (Figura 4), dois analisadores do teor de humidade (AND ML-50 e MB45) com precisão de 0,1% para amostras com massa entre 1 e 5 gramas, com precisão de 0,02% para amostras com massa superior a 5 gramas, capacidade máxima de 51 gramas (Figura 5) e uma estufa termorregulada (DHG-9203A) para secagem das amostras (Figura 6).



Figura 4 balança analítica Mettler PM 600, utilizada pelo CEIF na Lousã. Foto: CEIF.



Figura 5 analisadores do teor de humidade AND ML-50 e MB45, utilizados pelo CEIF na Lousã. Foto: CEIF.



Figura 6 estufa termorregulada DHG-9203A, utilizada pelo CEIF na Lousã. Foto: CEIF.

Para cada tipo de combustível florestal fino vivo procede-se a cuidadosa coleta de amostras das folhas vivas para os exemplares de *Eucalyptus globulus* e de *Pinus pinaster* (Figura 7), e de

extremidades e folhas vivas de *Calluna vulgaris* (Figura 8) e da *Chamaespartium tridentatum* (Figura 9), tendo o cuidado de não se efetuar a amostragem em *Eucalyptus globulus* e *Pinus pinaster* demasiadamente novos. Relativamente aos combustíveis finos mortos recolhem-se, da camada orgânica do solo, as folhas de *Eucalyptus globulus* (Figura 10) e as folhas de *Pinus pinaster* (Figura 11), intactas e de cor acastanhada.



Figura 7 exemplares de *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (vivos) na zona de amostragem da Lousã. Foto: CEIF.



Figura 8 exemplares de *Calluna vulgaris* (vivos) na zona de amostragem da Lousã. Foto: CEIF.



Figura 9 exemplares de *Chamaespartium tridentatum* (vivos) na zona de amostragem da Lousã. Foto: CEIF.



Figura 10 exemplares de folhas mortas de *Eucalyptus globulus* na zona de amostragem da Lousã. Foto: CEIF.



Figura 11 exemplares de agulhas mortas de *Pinus pinaster* na zona de amostragem da Lousã. Foto: CEIF.

São coletadas aproximadamente 50 (cinquenta) gramas de cada tipo de amostra, os quais são colocados na mesma bolsa de transporte, devidamente acondicionados para evitar a perda de humidade por evaporação. Em sequência as amostras são transportadas para o LEIF e preparadas para análise, sendo que o tempo decorrido entre a recolha das amostras e o início da sua preparação no laboratório não ultrapassa 30 (trinta) minutos.

Em laboratório, para as espécies arbóreas mortas *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*, prepara-se cerca de 1 grama de amostra para medição do TH no analisador rápido (Figura 12), obtendo-se o teor de humidade das espécies *Pinus pinaster* morto e *Eucalyptus globulus* morto em 10 (dez) minutos.



Figura 12 determinação do teor de humidade das espécies arbóreas mortas *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*, a partir do analisador do teor de humidade, Lousã. Foto: CEIF.

Para cada tipo de combustível são preparadas quatro réplicas (Figura 13), com cerca de cinco gramas de peso fresco (M_i). A preparação das amostras consiste no corte das folhas de forma a serem colocadas nas caixas de alumínio que são previamente pesadas, atribuindo à balança o peso zero – ou seja, desconsidera a embalagem de alumínio.

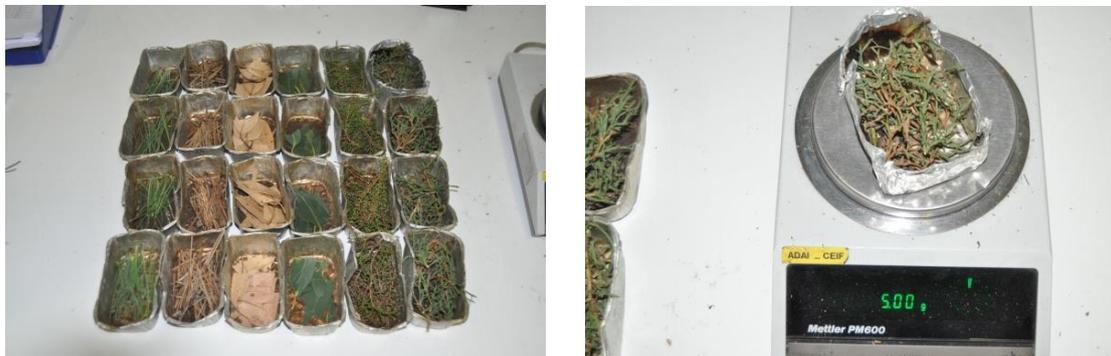


Figura 13 separação das amostras dos combustíveis florestais por réplicas, após a preparação das amostras e pesagem inicial no LEIF, Lousã. Foto: CEIF.

Após a preparação das amostras, essas são colocadas durante 24 horas numa estufa termorregulada a 105°C (Figura 14).



Figura 14 colocação das réplicas na estufa e aspeto geral da estufa de secagem no LEIF, Lousã. Foto: CEIF.

Após o período de secagem, as réplicas são retiradas da estufa e pesadas, sendo que o peso seco (M_f) é obtido pelo valor médio das quatro réplicas. A base de cálculo da humidade do combustível vivo pode causar alguma confusão inicial, pois em várias épocas do ano tem-se resultados superiores a 100%. A justificativa deve-se ao fato do valor de TH dos combustíveis florestais ser computado a partir da proporção de humidade perante ao peso seco e não pela comparação entre o peso da água perdida na secagem e o peso fresco do combustível (Pollet, & Brown, 2007).

O TH dos combustíveis florestais finos é expresso em porcentagem de peso seco (base seca) e é calculado de acordo com a equação:

$$TH = \frac{M_i - M_f}{M_f} \times 100$$

M_i é o peso fresco e M_f é o peso seco

CAPÍTULO III – VARIAÇÃO SAZONAL DO TEOR DE HUMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS NA LOUSÃ, PORTUGAL

A avaliação da variação sazonal do teor de humidade das espécies arbóreas *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (mortas e vivas) e das espécies arbustivas *Calluna vulgaris* e *Chamaespartium tridentatum* (vivas) limitou-se neste estudo às medições realizadas entre 2000 e 2015, a partir de amostras recolhidas em área de remanescente florestal limítrofe ao aeródromo da Lousã, Distrito de Coimbra, Portugal.

Os valores médios do TH dos combustíveis florestais finos estão graficamente apresentados para facilitar a interpretação do comportamento das espécies ao longo do período, de modo a facilitar a associação do comportamento às demais variáveis que interferem nos índices de humidade da vegetação, uma vez que o TH da amostra oscila de acordo com o seu estado – morto ou vivo, massa, compactação em seu arranjo e características intrínsecas à zona onde está a ser coletada, tais como exposição solar, altitude, inclinação do terreno e disponibilidade hídrica (Fernandes et al., 2002).

Optou-se por representar não apenas os ciclos anuais (01 de janeiro a 31 de dezembro), mas também em produzir uma segunda representação que permite observar a temporada de incêndios florestais em Portugal de forma independente. Considerando que a maior ocorrência de incêndios florestais ocorre historicamente entre os meses de junho e setembro, nesta dissertação esse intervalo de meses foi convencionado como “temporada de incêndios” e sua projeção objetiva permitir a interpretação rápida do período em que a variação do TH das espécies apresenta os menores índices (ICNF, 2016).

A interpretação das medições de TH dos combustíveis florestais exige atenção, uma vez que os valores podem apresentar variações significativas, mesmo quando extraídos em amostras da mesma espécie e no mesmo local, por uma série de fatores que involuntariamente podem ser ignorados durante o trabalho de campo, tais como diferenças de exposição solar entre uma planta e outra, proximidade entre o ponto de amostragem e elementos de influência artificial – rodovias, indústrias, habitações e plantações extensivas, distância até eventuais cursos e depósitos d’água, bem como a eventual diferença de idade entre os indivíduos amostrados. Tem-se, portanto, como indispensável a adoção de padrões rigorosos e rotinas bem definidas para a execução dos procedimentos de coleta e mensuração das amostras (Countryman & Dean, 1979; Pollet & Brown, 2007).

3.1. Espécies arbóreas – folhas mortas

A apresentação de resultados inicia-se com os combustíveis florestais finos compostos por folhas mortas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (Pinheiro-bravo e Eucalipto), que se destacam por registarem os menores valores históricos, quando comparados às demais séries publicadas neste estudo.

O Gráfico 1 sintetiza a variação do valor médio do teor de humidade das duas espécies (folhas mortas), calculado para todo o ano civil e ainda sem distinguir as temporadas de incêndios. Observa-se que as duas espécies alcançaram suas melhores médias durante o biênio 2001 – 2002 (Gráfico 1), sendo que os resultados do segundo ano foram de maior expressão, quando então o Pinheiro-bravo registou 29,42% de média para o teor de humidade, enquanto que o Eucalipto alcançou 28,89% de TH médio para 2002.

Ao longo do período de investigação, compreendido entre 2000 e 2015, as amostras de folhas mortas de Pinheiro-bravo e Eucalipto registam os menores percentuais de teor de humidade, sejam eles aferidos diariamente ou quando utilizados valores médios.

Observa-se, independente do período, que a média total do TH das amostras mortas de Pinheiro-bravo e Eucalipto, ao longo dos 16 (dezesseis) anos de pesquisa, não superou aos 20%, com as maiores médias de 19,81% para *Pinus pinaster* e 17,16% para *Eucalyptus globulus*, enquanto que os piores resultados ocorreram em 2005, quando a média dos valores obtidos a partir das amostras de folhas mortas do Pinheiro-bravo e do Eucalipto limitaram-se a 13,98% e 10,81%, respetivamente.

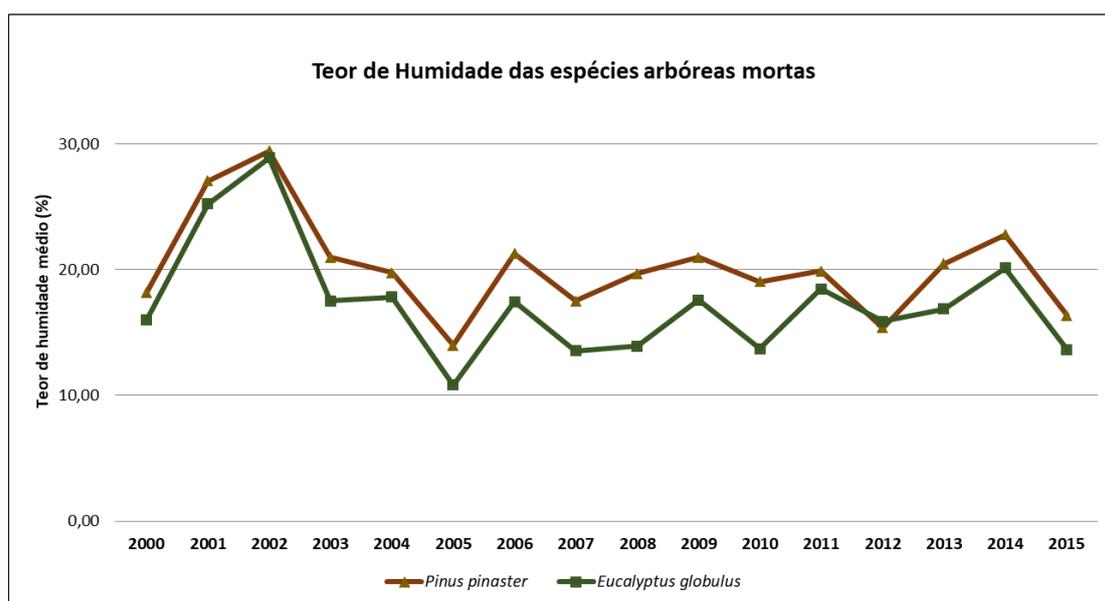


Gráfico 1 variação do teor de humidade médio de folhas mortas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto). Lousã, Portugal.

A análise do Gráfico 2, que ilustra o comportamento das duas espécies durante as Temporadas de Incêndios Florestais, período convencionado neste estudo entre os meses de junho e setembro, demonstra que as melhores médias da série foram registadas em 2001, 2002 e 2004, sendo que o último ano foi antecedido e sucedido por duas temporadas extremas de incêndios florestais (2003 e 2005), seja em número de ignições ou área ardida.

Ao serem observados apenas os resultados das Temporadas de Incêndios Florestais, a espécie *Pinus pinaster* registou sua melhor média de teor de humidade em 2004, com 15,62%, confrontando-se com 10,08% em 2012, quando obteve sua pior média. Mantendo a observação apenas durante as Temporadas de Incêndios Florestais, tem-se que o Eucalipto alcançou sua pior média de teor de humidade no verão de 2005, com o TH médio de 7,36% naquele ano (pior média do estudo), ao passo que a melhor média ocorre seis anos após, em 2001, com TH de 12,69%.

Nota-se que o valor médio do teor de humidade das espécies arbóreas mortas, ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais, está a decrescer de modo significativo, o que pode justificar a sensível redução do valor médio anual, ao longo do período de investigação.

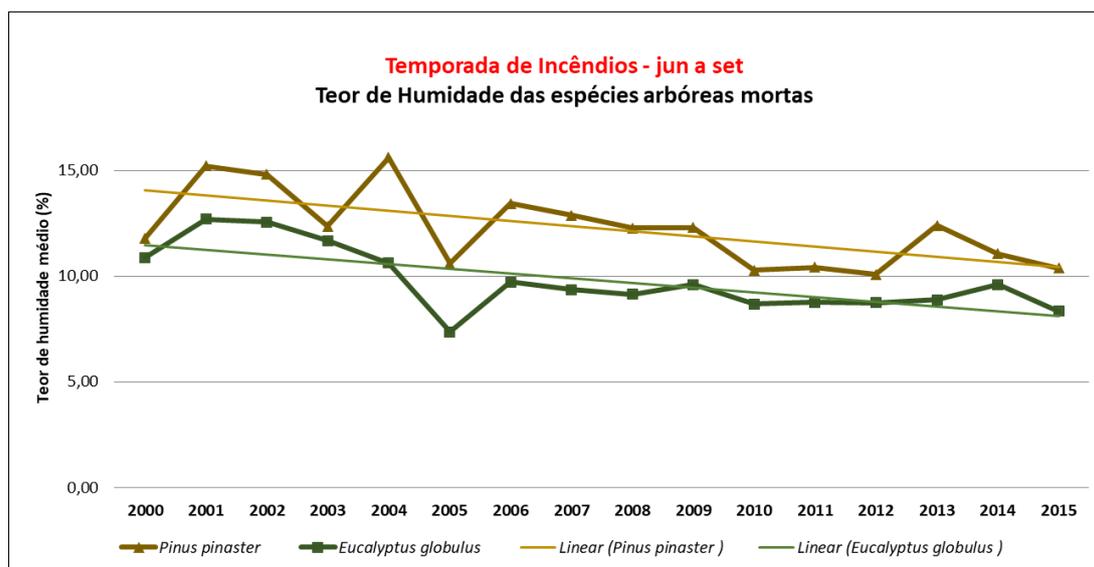


Gráfico 2 variação do teor de humidade de folhas mortas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto), ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

Quando observada apenas a variação do TH das espécies arbóreas mortas, ao longo dos meses inseridos nas temporadas incêndios florestais (Gráfico 3), destaca-se o pico alcançado em junho de 2002, com uma média de 37,52% para a o Pinheiro-bravo (mf c) e surpreendentes 47,35% para o Eucalipto (mf f), raro episódio de maior expressão do valor médio do percentual de humidade para as amostras de folhas mortas desta segunda espécie, frente às amostras da primeira.

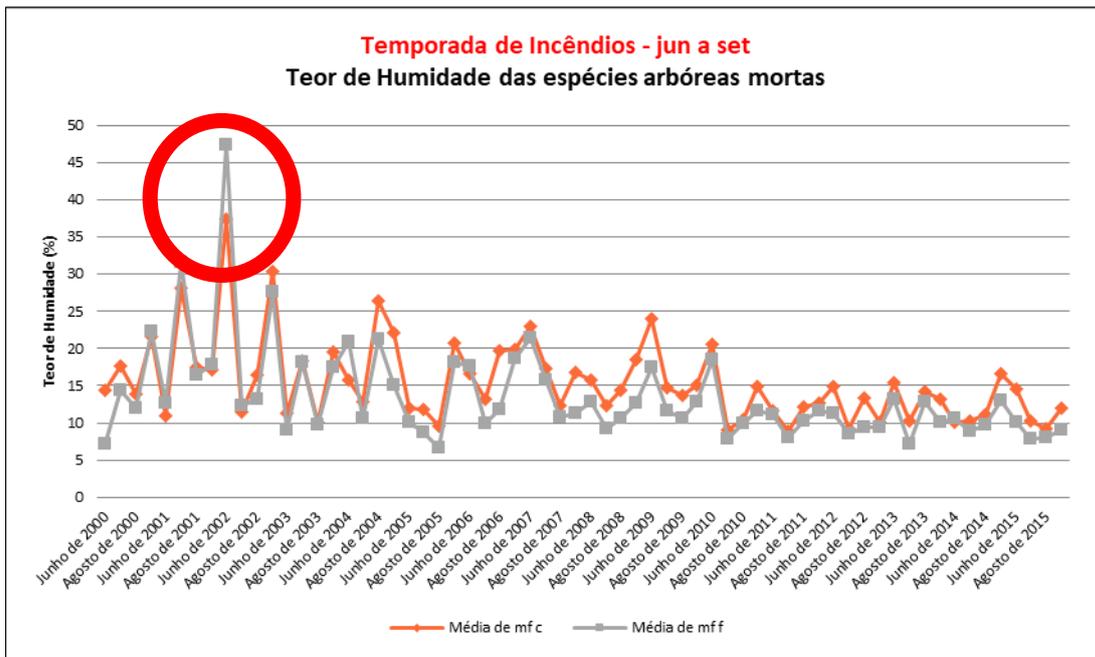


Gráfico 3 variação mensal do teor de humidade de folhas mortas das espécies arbóreas Pinheiro-bravo (mf c) e Eucalipto (mf f), ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

Em síntese, os registos indicam que o teor de humidade médio das espécies arbóreas mortas (*Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*) oscila bastante ao longo dos anos, com valores que se mantêm elevados durante invernos chuvosos, vindo a sofrer reduções superiores a 50% no decurso da primavera e, por sua vez, alcançam os menores resultados ao longo dos verões quentes e secos – vindo a recuperar melhores índices quando ocorrem as primeiras chuvas, sejam ao final de setembro ou início de outubro, com variações positivas expressivas e de curta duração quando há registo de episódios de precipitação durante a temporada de incêndios.

As oscilações de valores, com picos entre 100% e 10%, ao longo do mesmo ano, demonstram o quão significativa é a amplitude da variação do teor de humidade para as folhas mortas do Pinheiro-bravo e do Eucalipto. Os valores médios atribuídos para todas as amostras de folhas mortas de *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*, ao longo do período de investigação, resultam em 19,81% e 17,16% de TH médio para as espécies, respetivamente.

3.2. Espécies arbóreas – folhas vivas

Os resultados das medições do teor de humidade dos combustíveis florestais finos compostos por folhas vivas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto), se destacam de forma oposta às amostras de folhas mortas destas mesmas espécies, ao apresentarem os maiores valores históricos, independente se mensurados durante a temporada de incêndios florestais, ao longo de todo o ano ou mesmo para a integralidade do período, quando comparados às demais espécies estudadas nesta dissertação.

Ao contrário do que sucede com os combustíveis florestais mortos, os combustíveis florestais vivos apresentam lenta variação para o TH. O Gráfico 4 representa a variação do valor médio do TH para as amostras de folhas vivas das espécies arbóreas, obtidos a partir de todos os registos realizados ao longo dos anos. Observa-se que a maior média para a espécie *Pinus pinaster* ocorre em 2004, com a média de 154,67% de TH naquele ano, enquanto que a espécie *Eucalyptus globulus* alcançou 112,11% de TH médio, também em 2004. Em 2007, com a marca de 122,32%, o Eucalipto obteve sua maior média de TH, ao passo que o Pinheiro-bravo obteve nesse ano 142,27% de TH médio.

No decorrer dos anos compreendidos entre 2000 e 2015, nota-se que os valores médios do teor de humidade das amostras da espécie *Pinus pinaster* mantiveram-se sempre superiores às médias obtidas para *Eucalyptus globulus* (Gráfico 4). Observa-se também que a média dos resultados obtidos, a partir das amostras de folhas vivas dessas espécies, não apresentam grandes variações ao longo dos anos, bem como nota-se que todas as medições de TH dos exemplares de Pinheiro-bravo são superiores aos resultados do Eucalipto, apesar das espécies manterem tendências de variação bastante semelhantes ao longo dos anos de investigação.

Os valores médios atribuídos para as espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*, ao longo do período de investigação, resultam em 141,51% e 114,97% de teor de humidade médio para as respetivas espécies, o que representa uma diferença³ expressiva de 23,1% entre os resultados médios obtidos a partir das amostras de folhas vivas.

³ Observar que a diferença de TH médio total, dentre as amostras mortas, limitou-se a 8,7%

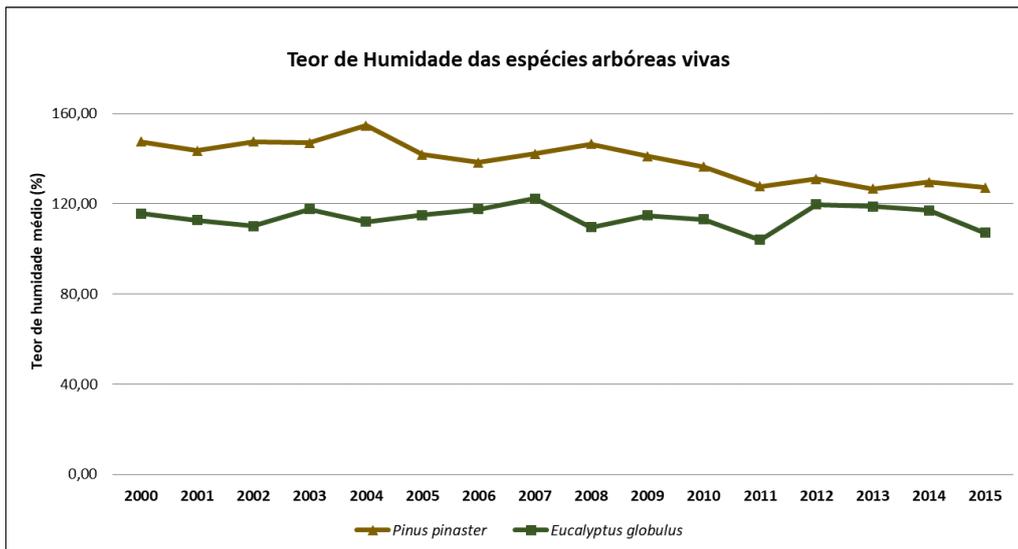


Gráfico 4 variação do teor de humidade de folhas vivas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto). Lousã, Portugal.

Apesar das espécies apresentarem também as melhores médias de resultados para as Temporadas de Incêndios Florestais, entre junho e setembro, nota-se no Gráfico 5 uma sensível tendência de redução do teor de humidade das amostras, ao longo dos dezesseis anos de investigação. Ao considerar apenas os valores registados durante as Temporadas de Incêndios Florestais, o Pinheiro-bravo alcançou a média de 139,94% de TH médio, com o melhor desempenho em 2004, perfazendo a média de 157,76%. Observa-se também que o Eucalipto logrou 115,64% de média para o TH durante as Temporadas de Incêndios Florestais, com a melhor média anotada em 2012, totalizando 132,22%.

Considerando ainda os valores médios obtidos a partir de todas as temporadas de incêndios, destaca-se que o percentual de diferença entre os valores médios manteve-se próximo ao resultado aferido para a integralidade do período (23,01%), com o resultado tendo reduzido para 21%.

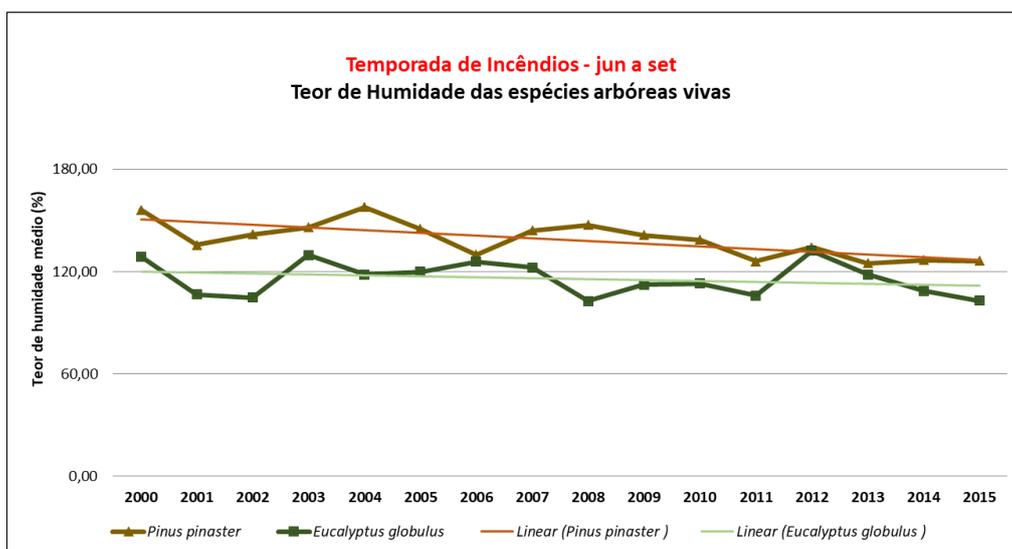


Gráfico 5 variação do teor de humidade de folhas vivas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto), ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

Observa-se, por fim, dentre as médias mensais para o teor de humidade das espécies arbóreas vivas, especificamente no decurso das Temporadas de Incêndios Florestais, que o maior valor registado para a folha viva do Pinheiro-bravo (mf p) ocorreu em agosto de 2000, com 171,4% e, para folha viva de Eucalipto (mf e) registou-se 146,6% em setembro do mesmo ano, ambos em destaque (Gráfico 6).

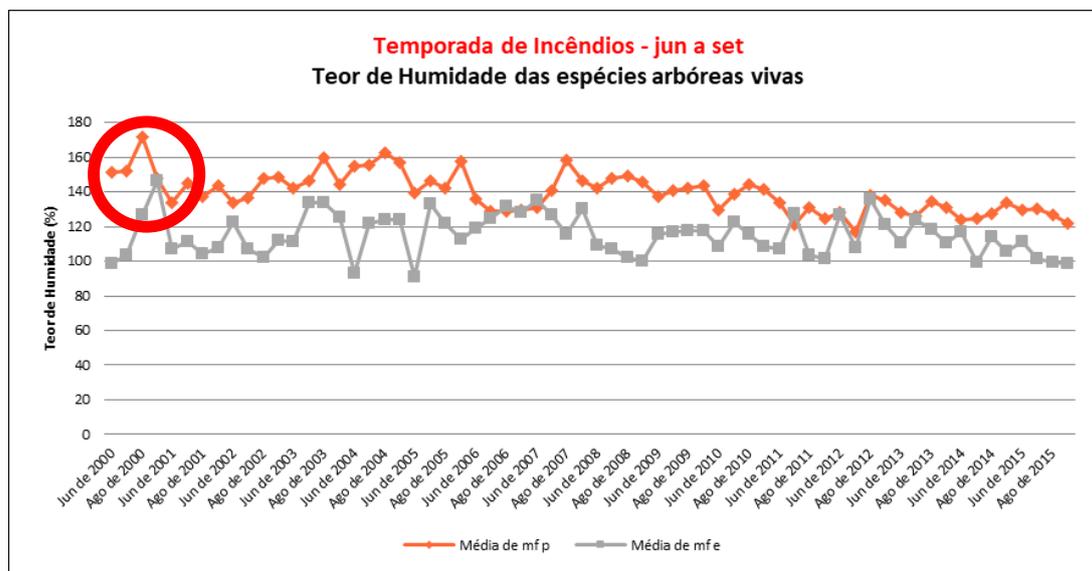


Gráfico 6 variação mensal da humidade de folhas vivas das espécies arbóreas Pinheiro-bravo (mf p) e Eucalipto (mf e), ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

3.3. Espécies arbustivas – folhas vivas

Os resultados das medições do teor de humidade dos combustíveis arbustivos finos, compostos por amostras de *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja), demonstram que as duas espécies desempenharam uma variação de TH semelhante ao longo do período, seja ao longo do ano civil ou apenas durante as Temporadas de Incêndios Florestais. A variação dos resultados para as espécies é menos expressiva que as alterações observadas nas demais espécies do estudo, com amplitude inferior ao observado nas folhas mortas das espécies arbóreas e superior às oscilações do TH das folhas vivas das espécies arbóreas.

O Gráfico 7 representa a variação do valor médio do teor de humidade para as partes verdes e folhas vivas das espécies arbustivas, obtidos a partir de todos os registos realizados ao longo dos anos. A maior média para as espécies *Calluna vulgaris* e *Chamaespartium tridentatum* ocorreu em 2007, perfazendo, respetivamente, 104,62% e 87,63% de TH médio durante a temporada de incêndios florestais daquele ano, superando os respetivos 99,98% e 84,65% de médias registadas naquele mesmo ano civil.

A pior média de TH para a espécie *Calluna vulgaris* foi observada em 2005, totalizando 72,79% de média anual e 63,57% na temporada de incêndios florestais, coincidindo neste mesmo ano, portanto, os menores resultados médios para a Urze ao longo do ano civil e durante o período crítico (junho a setembro).

Para a espécie *Chamaespartium tridentatum*, a pior média de TH foi observada em 2011, totalizando 66,68% de média anual e 60,46% na temporada de incêndios florestais, coincidindo neste mesmo ano, assim como verificado dentre os resultados de *Calluna vulgaris*, os menores resultados médios ao longo do ano civil e durante o período crítico (junho a setembro).

Observa-se também que a média dos resultados obtidos, a partir das amostras destas espécies, não indicam oscilações demasiado significativas ao longo dos anos, mas invariavelmente nota-se que todos as medições do TH dos exemplares de Urze têm resultados superiores aos valores médios de TH dentre as amostras de Carqueja, para o mesmo período. A média final do TH para as amostras de Urze alcançou 87,96% ao longo de todo o período e 84,91% se considerado apenas os meses que compreendem as temporadas de incêndios (junho a setembro). Ao avaliar o desempenho médio da Carqueja, observa-se que a média total da espécie alcançou 84,91% para todo o período e 74,69% para as temporadas de incêndio.

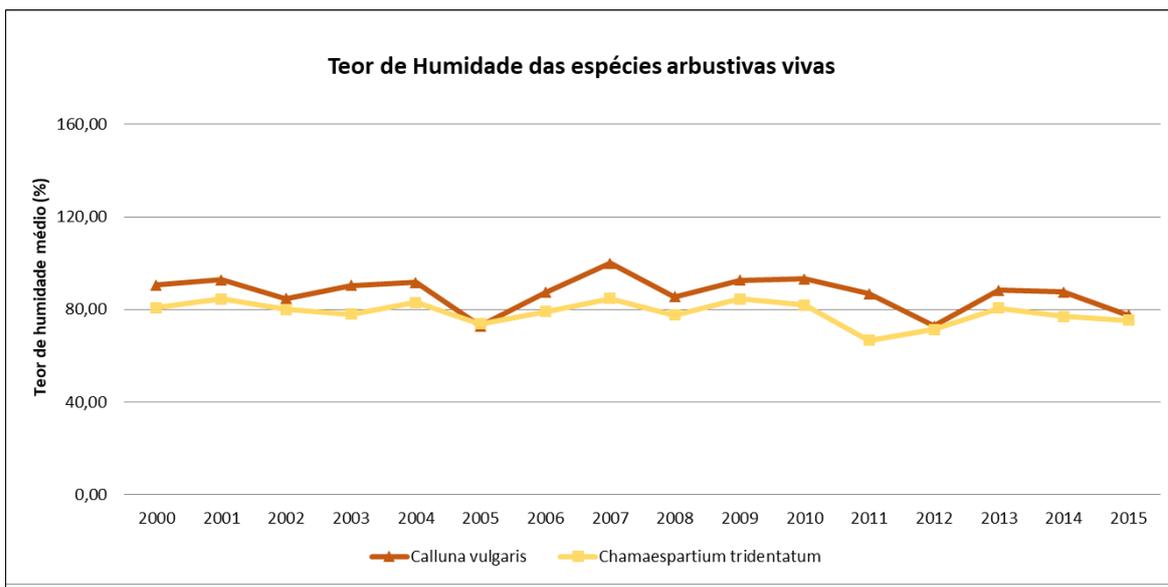


Gráfico 7 variação do teor de humidade de partes vivas das espécies arbustivas *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja). Lousã, Portugal.

A obtenção de resultados médios de TH mais expressivos durante as Temporadas de Incêndios Florestais é mais recorrente dentre as amostras de folhas vivas das espécies arbóreas, contudo, foram identificados períodos em que as amostras das espécies arbustivas também obtiveram, entre

junho e setembro (Gráfico 8), valores de TH superiores às médias anuais em 2000, 2004, 2013 e 2014.

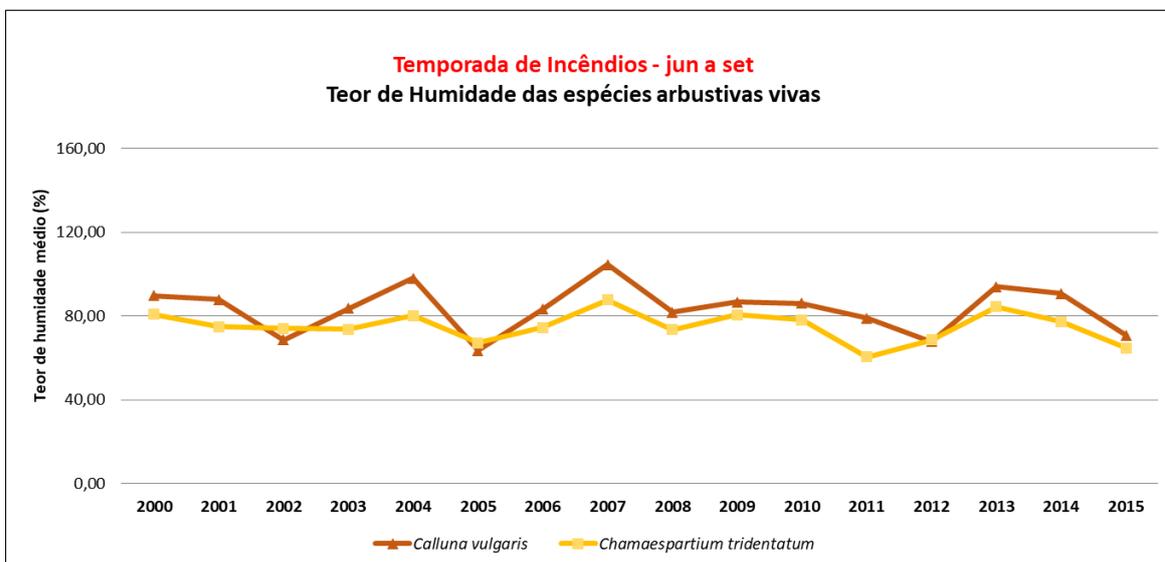


Gráfico 8 variação do teor de humidade de partes vivas das espécies arbustivas *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja), ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

Dentre os registos de médias mensais para o teor de humidade das partes verdes e folhas vivas das espécies arbustivas, ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais, o maior valor registado para as duas espécies ocorreu em junho de 2007, mês em que a espécie *Chamaespartium tridentatum* (mf cq) registou o TH médio de 117,9% e a espécie *Calluna vulgaris* (mf u) obteve o expressivo TH médio de 143,1% (Gráfico 9).

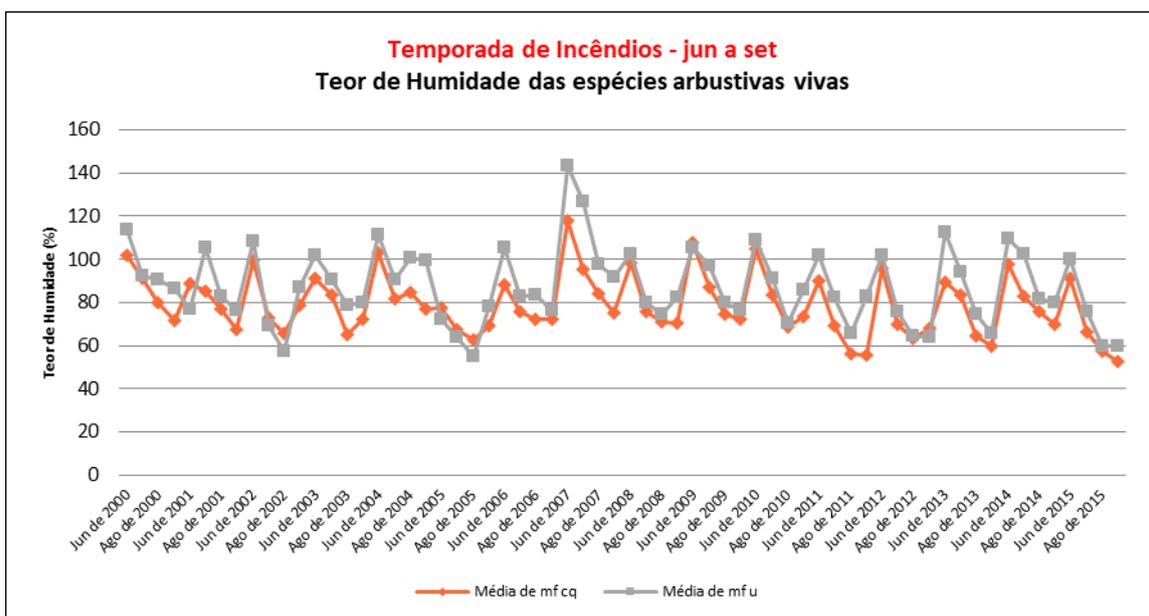


Gráfico 9 variação mensal do teor de humidade de partes vivas das espécies arbustivas Urze (mf u) e Carqueja (mf cq), ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

3.4. Correlação entre o teor de humidade das espécies

Com o objetivo de avaliar se existe padrão de correspondência entre o teor de humidade das espécies investigadas, aplica-se o método de correlação estatística de Pearson ao acervo de resultados obtidos para as espécies arbóreas *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* e espécies arbustivas *Calluna vulgaris* e *Chamaespartium tridentatum*, ao longo do período compreendido entre 2000 e 2015, observando inclusive a Temporada de Incêndios Florestais.

Nesta etapa da investigação, a correlação estatística serve para avaliar se há associação entre o comportamento das espécies em estudo, apurando individualmente cada tipo de amostra perante todas as demais. Se a correlação obtiver resultado positivo, naquele par de espécies avaliado, haverá indicação matemática que indique que o aumento (ou redução) do TH da espécie A se correlaciona com o acréscimo (ou redução) TH da espécie B.

Para que a relação se estabeleça é preciso que essa correlação avaliada seja significativa ($\text{sig} \leq 0,05$), o que ocorre para todos os pares de correlação apresentados abaixo, sem exceção. Deve-se considerar também que, quanto mais próximo do valor 1 (um), mais forte é a correlação. Em síntese, observa-se que os resultados positivos e significativos indicam, à medida que o teor de humidade de uma das espécies aumenta ou decresce, que a outra espécie também tem o mesmo comportamento.

Neste cenário, a partir da avaliação da totalidade das amostras (Tabela 1) observa-se que a correlação mais forte ocorre entre as espécies arbóreas mortas, nomeadamente *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) com o resultado expressivo de $r = 0,928$ ($\text{sig} = 0,000$). Ainda com significância estatística, mas com correlação fraca, ou seja, mais próxima a zero, tem-se que as folhas vivas da espécie arbórea *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) e a espécie arbustiva *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) têm o resultado menos expressivo, com a correlação de $r = 0,052$ ($\text{sig} = 0,045$), para todo o período de pesquisa.

Para além disso, pode-se afirmar que as demais correlações são significativas e positivas, ou seja, o aumento de uma das variáveis da linha está positivamente vinculado ao aumento da variável na coluna, o que não deve ser interpretado como uma relação de causa e consequência.

Tabela 1 Correlação de Pearson aplicada ao teor de humidade das espécies, durante todo o período.

		<i>Eucalyptus globulus</i> (morto)	<i>Pinus pinaster</i> (vivo)	<i>Eucalyptus globulus</i> (vivo)	<i>Chamaespartium tridentatum</i>	<i>Calluna vulgaris</i>
<i>Pinus pinaster</i> (morto)	Pearson Correlation	,928**	,187**	,119**	,428**	,452**
	Sig. (2-tailed)	0,000	,000	,000	,000	,000
	n	1479	1479	1479	1478	1479
<i>Eucalyptus globulus</i> (morto)	Pearson Correlation		,202**	,116**	,435**	,460**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000
	n		1479	1479	1478	1479
<i>Pinus pinaster</i> (vivo)	Pearson Correlation			,132**	,104**	,108**
	Sig. (2-tailed)			,000	,000	,000
	n			1479	1478	1479
<i>Eucalyptus globulus</i> (vivo)	Pearson Correlation				,052*	,080**
	Sig. (2-tailed)				,045	,002
	n				1478	1479
<i>Chamaespartium tridentatum</i>	Pearson Correlation					,733**
	Sig. (2-tailed)					,000
	n					1478

(**) Nível de significância de 0,01; (*) nível de significância de 0,05.

Fonte: Dados da pesquisa.

A avaliação estatística aplicada aos valores de TH, no decurso das Temporadas de Incêndios Florestais (Tabela 2), indica que as espécies arbóreas mortas mantêm a correlação mais expressiva, com o resultado: $r = 0,901$ ($\text{sig} = 0,000$).

O conjunto de Temporadas de Incêndios Florestais manteve, enquanto resultado estatístico mais fraco, a correlação entre a espécie arbórea viva *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) e a espécie arbustiva viva *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja), com o resultado: $r = 0,076$ ($\text{sig} = 0,014$), assim como registado para a avaliação integral do período de investigação.

Para todas as Temporadas de Incêndios Florestais, diferentemente da avaliação apresentada na Tabela 1, obteve-se o primeiro resultado de correlação não significativa, para o teste realizado entre a espécie arbórea viva *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e a espécie arbustiva viva *Calluna vulgaris* (Urze), que não foi significativa ($r = 0,06$; $p = 0,056$) e, portanto, não há significância na correlação entre tais espécies para o local e período avaliados.

Tabela 2 Correlação de Pearson aplicada ao teor de humidade das espécies, durante a temporada de incêndios.

		<i>Eucalyptus globulus</i> (morto)	<i>Pinus pinaster</i> (vivo)	<i>Eucalyptus globulus</i> (vivo)	<i>Chamaespartium tridentatum</i>	<i>Calluna vulgaris</i>
<i>Pinus pinaster</i> (morto)	Pearson Correlation	,901**	,199**	,119**	,406**	,400**
	Sig. (2-tailed)	0,000	,000	,000	,000	,000
	n	1044	1044	1044	1043	1044
<i>Eucalyptus globulus</i> (morto)	Pearson Correlation		,165**	,134**	,400**	,399**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000
	n		1044	1044	1043	1044
<i>Pinus pinaster</i> (vivo)	Pearson Correlation			,123**	,089**	0,06
	Sig. (2-tailed)			,000	,004	,056
	n			1044	1043	1044
<i>Eucalyptus globulus</i> (vivo)	Pearson Correlation				,076*	,087**
	Sig. (2-tailed)				,014	,005
	n				1043	1044
<i>Chamaespartium tridentatum</i>	Pearson Correlation					,755**
	Sig. (2-tailed)					,000
	n					1043

(**) Nível de significância de 0,01; (*) nível de significância de 0,05.

Fonte: Dados da pesquisa.

CAPÍTULO IV – CORRELAÇÕES ENTRE O TEOR DE HUMIDADE DAS ESPÉCIES EM ESTUDO E OS FATORES METEOROLÓGICOS

De acordo com Pollet & Brown (2007), as variações do TH dos combustíveis florestais finos são potencialmente influenciadas pela humidade e temperatura do solo, bem como pela temperatura do ar atmosférico. Os autores asseveram ainda que, quando os índices pluviométricos são deficientes, ocorre um retardo no processo de crescimento dos combustíveis florestais e os índices de humidade da vegetação sofrem redução quanto comparados a períodos com maior precipitação atmosférica. Desta forma, quando há pouca oferta de humidade no solo e no ar atmosférico, em especial durante o verão, o TH dos combustíveis florestais (vivos e mortos) tendem a sofrer reduções de modo mais acelerado.

De modo mais significativo, quando observados os parâmetros atmosféricos, a precipitação exerce influência direta no perigo de ocorrência de incêndios florestais, seja pela secura da vegetação em períodos com reduzida pluviosidade ou pelo aumento da oferta de combustível em temporadas com chuvas acima da média, situações que aumentam o risco de incêndio durante a temporada de incêndios florestais (D. X. Viegas et al., 2001).

De acordo com Soares e Batista (2007), a precipitação, a humidade relativa e a temperatura do ar atmosférico representam as principais variáveis que interferem na variação do TH dos combustíveis florestais; além do vento e a da incidência direta da radiação solar, que são fatores contribuintes para a secagem da vegetação, mas que não exercem influência direta na alteração do TH dos combustíveis e sim modificam a temperatura dos corpos combustíveis, bem como influenciam na alteração da temperatura e humidade no ar adjacente ao combustível.

Viegas et al. (2004) esclarecem que os incêndios florestais sofrem interferência direta a partir das condições meteorológicas, em todas as suas fases, ou seja, desde a ignição até a extinção. O perigo de ocorrência de incêndio florestal, portanto, está diretamente relacionado às condições atmosféricas e, portanto, pode ser estimado a partir de métodos de indexação vinculados a informações meteorológicas.

4.1. Correlação entre as espécies arbóreas mortas e os fatores meteorológicos

De acordo com Norum & Miller (1984), as alterações das condições meteorológicas acabam por manifestar uma alteração significativa no teor de humidade dos combustíveis florestais finos mortos, sendo recomendável a execução diária dos procedimentos de amostragem que visam a monitorar o TH em vegetação morta, se possível, devido não somente à rápida manifestação desse tipo de combustível, mas em especial pela relevante correlação entre o estado de secura verificado nos combustíveis mortos e o risco de ocorrência de incêndios florestais.

Para a zona e período em que decorreram a investigação, os resultados obtidos indicam a correlação negativa e muito relevante entre a temperatura do ar atmosférico e o TH das folhas mortas obtidas a partir de amostras das espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (Tabela 3).

Tabela 3 Correlação de Pearson entre o TH das espécies arbóreas (folhas mortas) e os fatores meteorológicos, Lousã – 2000 a 2015.

janeiro a dezembro			temporada de incêndios		
	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>		<i>Pinus pinaster</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>
TEMPERATURA	-,587**	-,534**	TEMPERATURA	-,478**	-,435**
HR	,628**	,589**	HR	,541**	,511**
VENTO	,045	,071**	VENTO	-,008	,011
PRECIPITAÇÃO	,466**	,476**	PRECIPITAÇÃO	,579**	,505**
**Nível de significância de 0,01			**Nível de significância de 0,01		

Fonte: Dados da pesquisa.

Portanto, quanto maior a temperatura do ar atmosférico, menor o resultado para o teor de humidade obtido a partir das folhas mortas de Eucalipto e do Pinheiro-bravo (Gráficos 10 e 11), seja ao longo do ano civil ou durante a temporada de incêndios florestais.

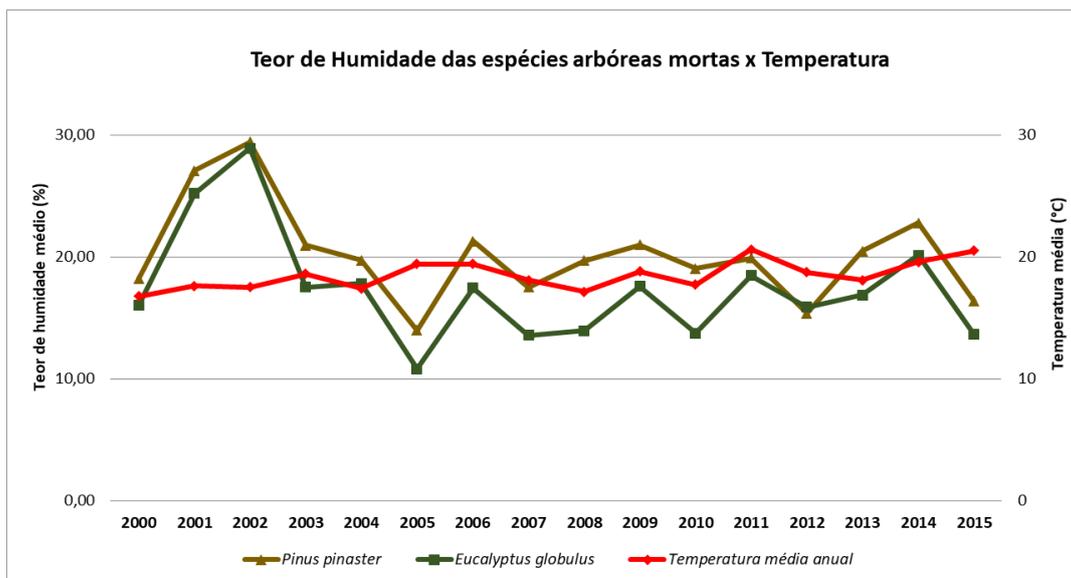


Gráfico 10 variação do teor de humidade de folhas mortas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Temperatura média do ar. Lousã, Portugal.

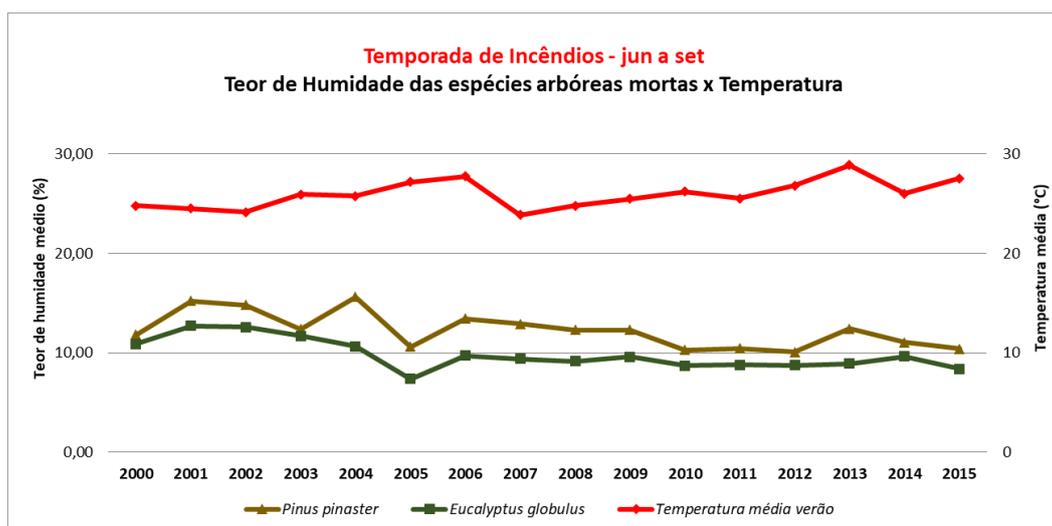


Gráfico 11 variação do teor de humidade de folhas mortas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Temperatura do ar, ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

A correlação matemática entre a humidade relativa do ar e o TH das folhas mortas das espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* apresentou resultado positivo e muito significativo, seja ao longo do ano civil ou durante a temporada de incêndios florestais. Assim, para a zona e período em que decorreu a investigação, observa-se que quão maior o valor da humidade relativa do ar atmosférico, maior o teor de humidade das amostras de folhas mortas das espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (Gráficos 12 e 13).

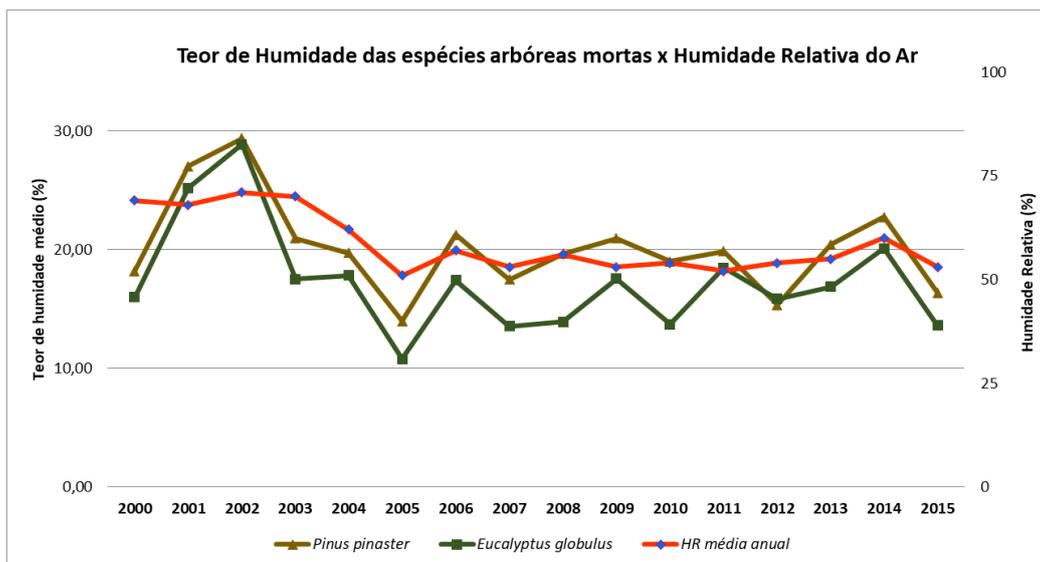


Gráfico 12 variação do teor de humidade de folhas mortas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Humidade Relativa do Ar. Lousã, Portugal.

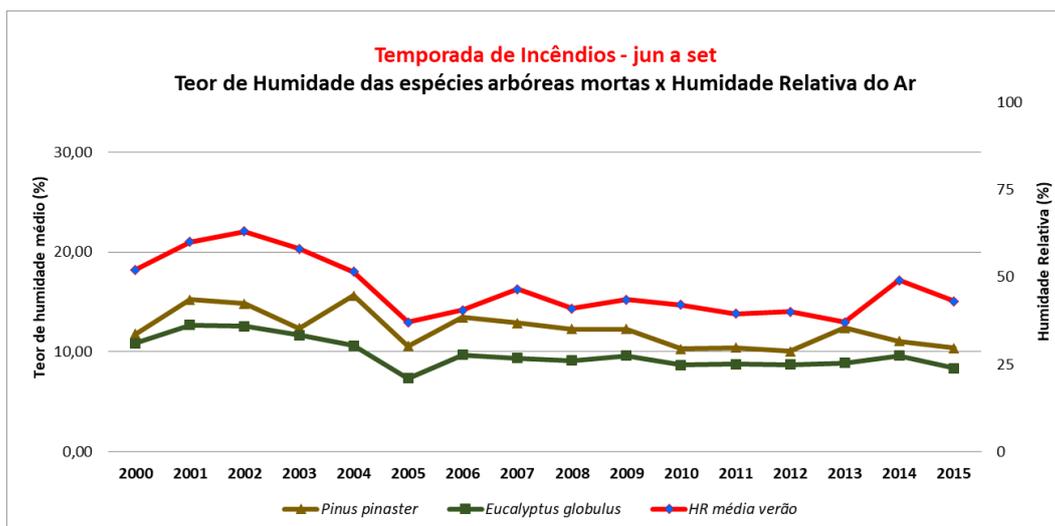


Gráfico 13 variação do teor de humidade de folhas mortas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Humidade Relativa do Ar, ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

Os resultados apresentados na Tabela 3 também indicam que a precipitação atmosférica se correlaciona de modo positivo e significativo quando associado ao TH das amostras de folhas mortas do Pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) e Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), portanto, quanto maior o índice pluviométrico na região de amostragem, maior o resultado de teor de humidade para as folhas mortas das espécies arbóreas (Gráficos 14 e 15).

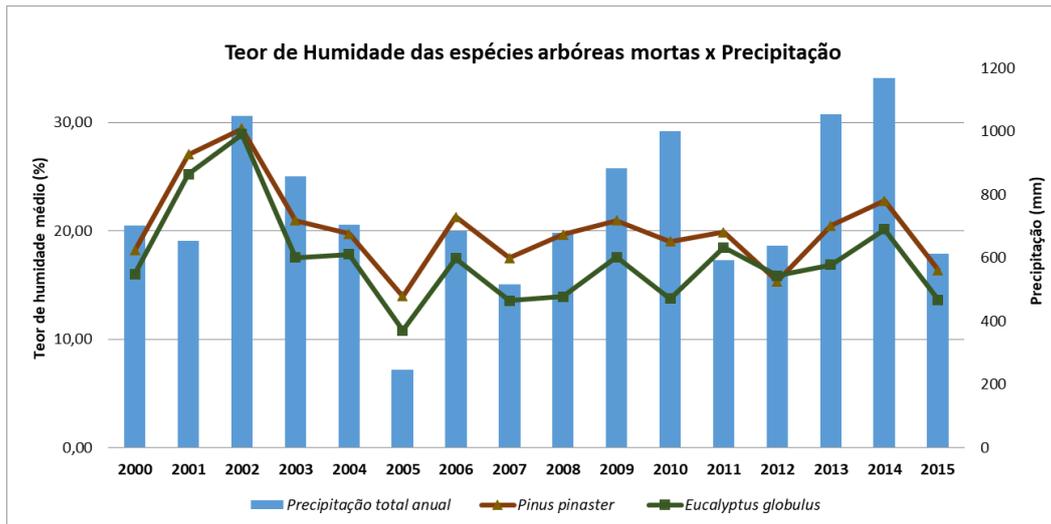


Gráfico 14 variação do teor de humidade de folhas mortas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Precipitação. Lousã, Portugal.

Por fim, o fator vento obteve resultado positivo, mas pouco expressivo, apenas quando associado à espécie *Eucalyptus globulus*. Para este mesmo fator meteorológico, quando considerada apenas a temporada de incêndios florestais, não há correlação quando comparado às espécies arbóreas mortas.

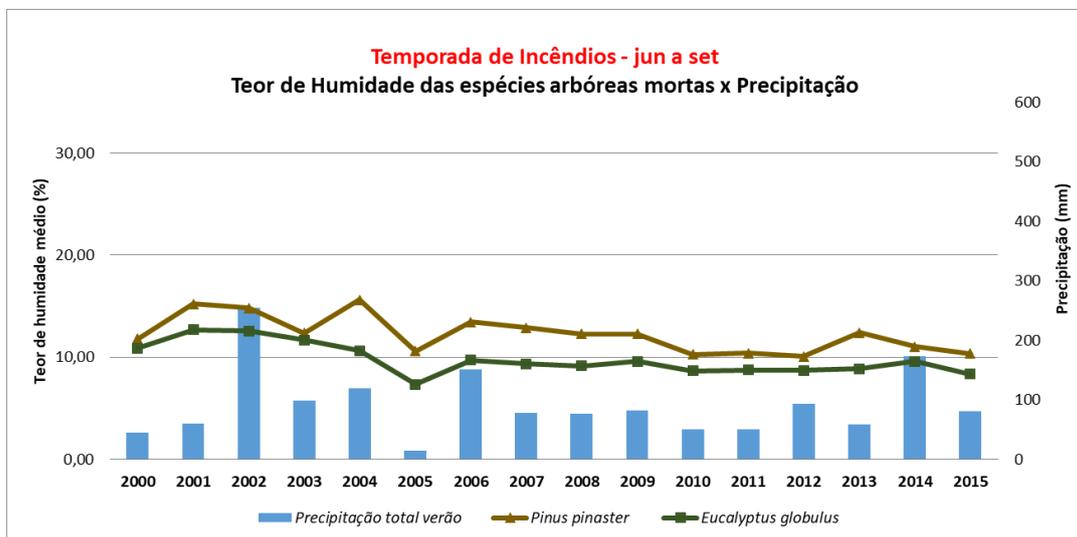


Gráfico 15 variação do teor de humidade de folhas mortas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Precipitação, ao longo das Temporadas de Incêndios florestais. Lousã, Portugal.

4.1.1. Método de regressão entre a espécie *Pinus pinaster* (folhas mortas) e os fatores meteorológicos

Para as folhas mortas do Pinheiro-bravo, o resultado mais significativo foi observado quanto a humidade relativa do ar, com um nível de explicação de 39,4%, ou seja, aproximadamente 40% da variação presente no TH presente nas amostras de folhas mortas da espécie *Pinus pinaster* é explicada pelo comportamento da humidade relativa do ar (Tabela 4).

Os fatores atmosféricos temperatura e precipitação também são matematicamente significativos e obtiveram nível de explicação de 34,4% e 21,7%, respetivamente. Observa-se também que o modelo não é significativo com a variável independente vento, ou seja, não há explicação matemática para as amostras de folhas mortas da espécie *Pinus pinaster*, a partir das observações do valor de vento, na zona e período do estudo (Tabela 4).

Tabela 4 modelo de regressão para o teor de humidade de *Pinus pinaster* (folhas mortas) e os fatores meteorológicos, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
TEMPERATURA	60,21	-1,662	1479	0,000	0,344
HUMIDADE RELATIVA	-9,9	0,62	1479	0,000	0,394
VENTO*	19,88	0,229	1479	0,086	0,002
PRECIPITAÇÃO	19,06	1,919	1479	0,000	0,217
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

4.1.2. Método de regressão entre a espécie *Eucalyptus globulus* (folhas mortas) e os fatores meteorológicos

Para as amostras de folhas mortas da espécie *Eucalyptus globulus*, o resultado de regressão mais significativo, assim como observado para *Pinus pinaster*, ocorre para a humidade relativa do ar atmosférico, obtendo um nível de explicação de 34,6%, ou seja, aproximadamente 35% da variação de TH das folhas mortas do Eucalipto pode ser matematicamente explicada pela variação do valor de HR.

Os fatores atmosféricos temperatura e precipitação também são matematicamente significativos e obtiveram nível de explicação de 28,5% e 22,7%, respetivamente. Observa-se que o modelo é significativo com a variável independente vento, mas com nível de explicação pouco robusto, ou

seja, apenas 0,5% da explicação para as amostras mortas da espécie *Eucalyptus globulus* pode ser desempenhada a partir da observação do vento, para a zona e período de estudo.

Tabela 5 modelo de regressão para o teor de humidade de Eucalyptus globulus (folhas mortas) e os fatores meteorológicos, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
TEMPERATURA	60,7	-1,733	1480	0,000	0,285
HUMIDADE RELATIVA	-15,09	0,681	1480	0,000	0,346
VENTO	16,52	0,426	1480	0,006	0,005
PRECIPITAÇÃO	16,51	2,298	1480	0,000	0,227
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					

Fonte: Dados da pesquisa.

4.2. Correlação entre as espécies arbóreas vivas e os fatores meteorológicos

De acordo com Pollet & Brown (2007), ao contrário do comportamento observado entre as amostras de folhas mortas, o teor de humidade presente nas amostras de folhas vivas varia lentamente – o que permite a execução de amostragens com intervalos que podem variar entre 10 (dez) a 15 (quinze) dias entre uma coleta e outra.

A partir da aplicação do método de correlação de Pearson foi possível verificar a relação matemática entre os valores do TH dentre as espécies arbóreas vivas e fatores atmosféricos (temperatura do ar, humidade relativa, vento e precipitação), mensurados pela estação meteorológica do aeródromo da Lousã, entre 2000 e 2015 (Tabela 6).

A análise está apresentada em dois intervalos distintos, sendo o primeiro referente ao ano civil por completo (janeiro a dezembro) e o segundo intervalo limitado ao período de maior ocorrência de incêndios florestais no território português, ou temporada de incêndios, limitando-se ao intervalo entre os meses de junho a setembro.

Tabela 6 Correlação de Pearson entre o TH das espécies arbóreas (folhas vivas) e os fatores meteorológicos, Lousã – 2000 a 2015.

janeiro a dezembro			temporada de incêndios		
	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>		<i>Pinus pinaster</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>
TEMPERATURA	-,092**	,069**	TEMPERATURA	-,106**	,054
HUMIDADE RELATIVA	,200**	,032	HUMIDADE RELATIVA	,166**	,014
VENTO	-,063 [†]	-,020	VENTO	-,018	-,028
PRECIPITAÇÃO	,089**	,065 [†]	PRECIPITAÇÃO	,088**	,051
**Nível de significância de 0,01			**Nível de significância de 0,01		
*Nível de significância de 0,05					

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir dos resultados obtidos (Tabela 6), observa-se que não há correlação significativa entre o teor de humidade da espécie *Eucalyptus globulus* (folhas vivas) e a humidade relativa do ar (Gráfico 18); nota-se também que há correlação matemática, de modo positivo e pouco expressivo, face aos valores de precipitação (Gráfico 16) e temperatura (Gráfico 17), ou seja, quão maior estiverem esses fatores meteorológicos, sensivelmente maiores serão os resultados de TH para as amostras de folhas verdes do Eucalipto, na região e período do estudo.

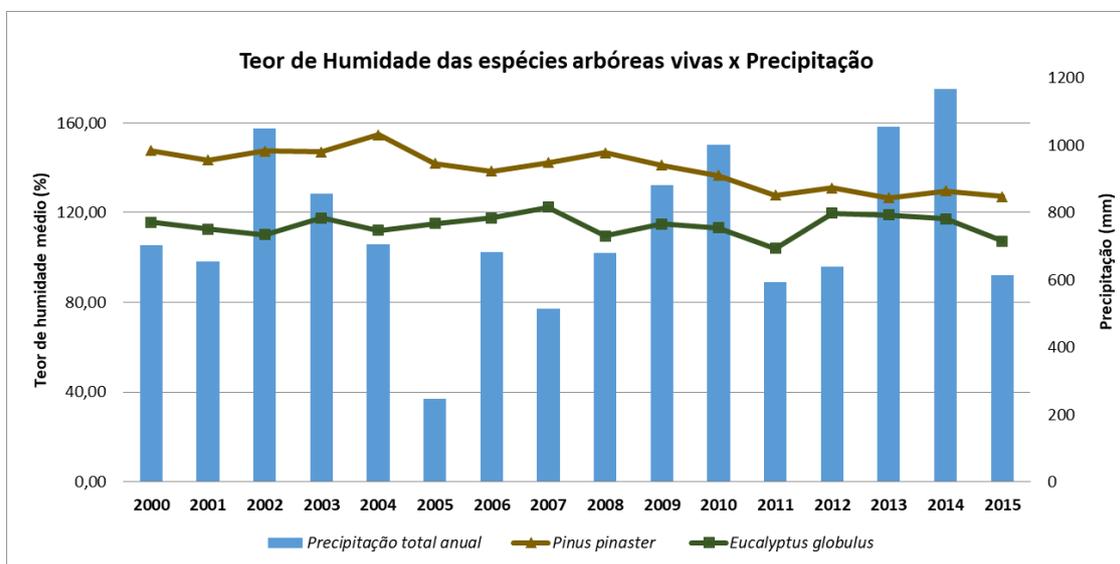


Gráfico 16 variação do teor de humidade de folhas vivas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Precipitação. Lousã, Portugal.

Observa-se também que o TH da espécie *Pinus pinaster* (folhas vivas) se relaciona positivamente com a humidade relativa do ar e com a precipitação (Gráfico 16), enquanto que a correlação é negativa com a temperatura do ar (Gráfico 17) e vento. Assim, quão maiores a humidade relativa

do ar (Gráfico 18) e a precipitação pluviométrica, bem como quão menores o vento e temperatura do ar atmosférico, maior o TH das amostras de folhas vivas do Pinheiro-bravo.

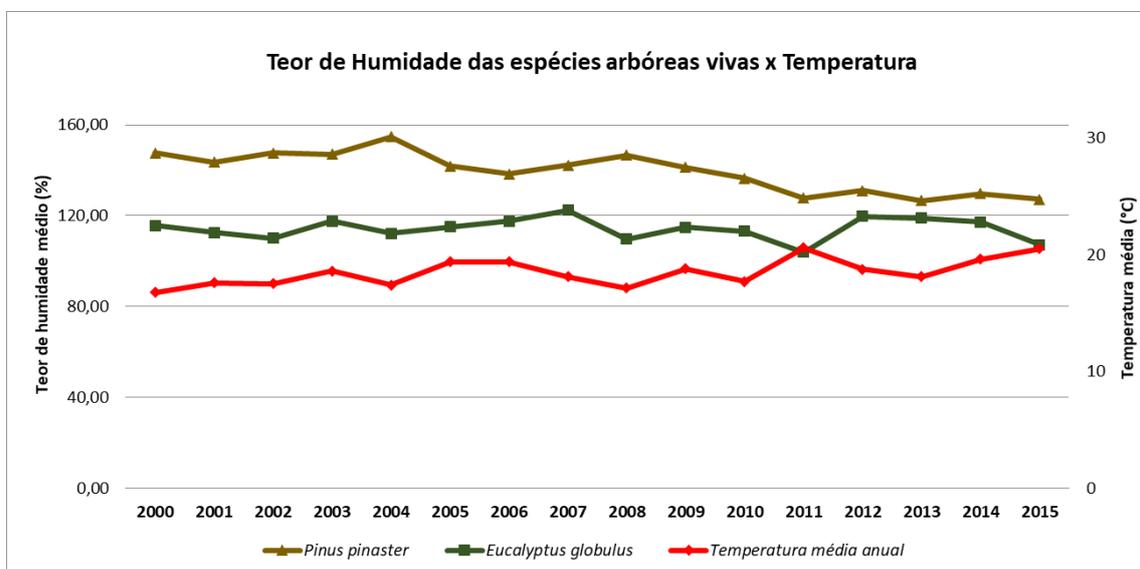


Gráfico 17 variação do teor de humidade de folhas vivas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Temperatura média do ar. Lousã, Portugal.

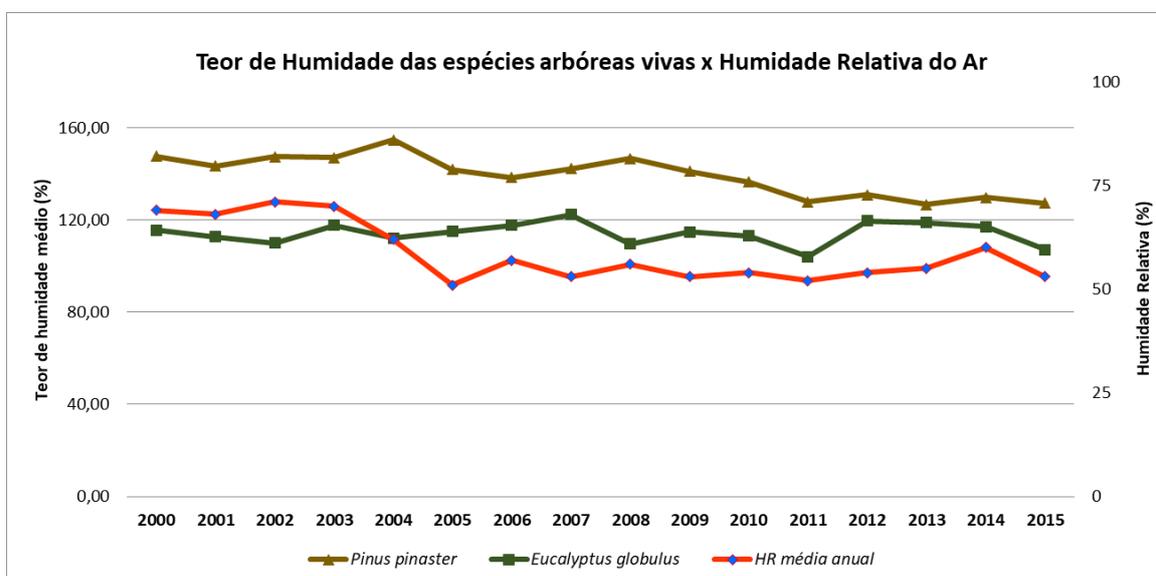


Gráfico 18 variação do teor de humidade de folhas vivas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Humidade Relativa do Ar. Lousã, Portugal.

Ao analisar apenas as temporadas de incêndios, observa-se que não existe correlação significativa entre o TH da espécie *Eucalyptus globulus* (folhas vivas) e os fatores meteorológicos, enquanto que o TH das amostras de *Pinus pinaster* apresenta correlação significativa com todos os fatores, exceto vento.

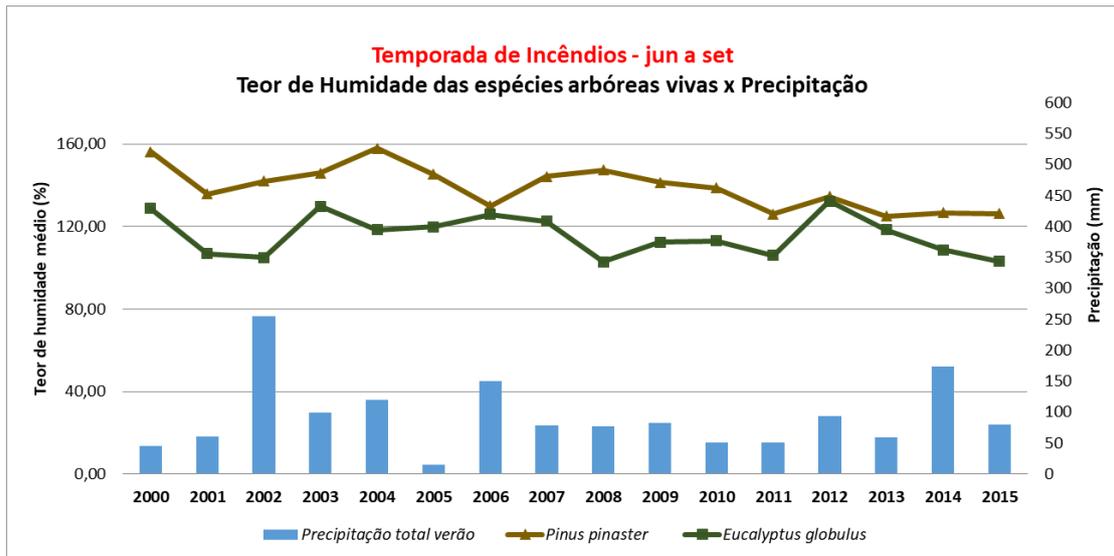


Gráfico 19 variação do teor de humidade de folhas vivas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Precipitação, ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

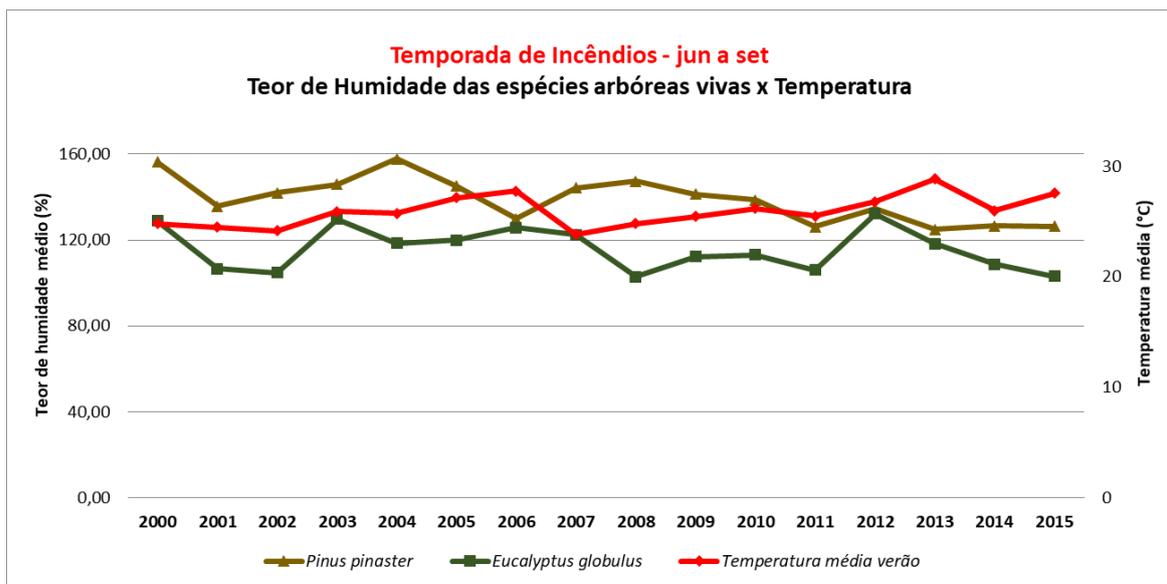


Gráfico 20 variação do teor de humidade de folhas vivas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Temperatura média do ar, ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

Para o Pinheiro-bravo, a correlação é positiva quando associado aos valores de precipitação (Gráfico 19) e humidade relativa do ar (Gráfico 21); além de ser significativa, porém negativa, quando correlacionada à temperatura do ar atmosférico (Gráfico 20).

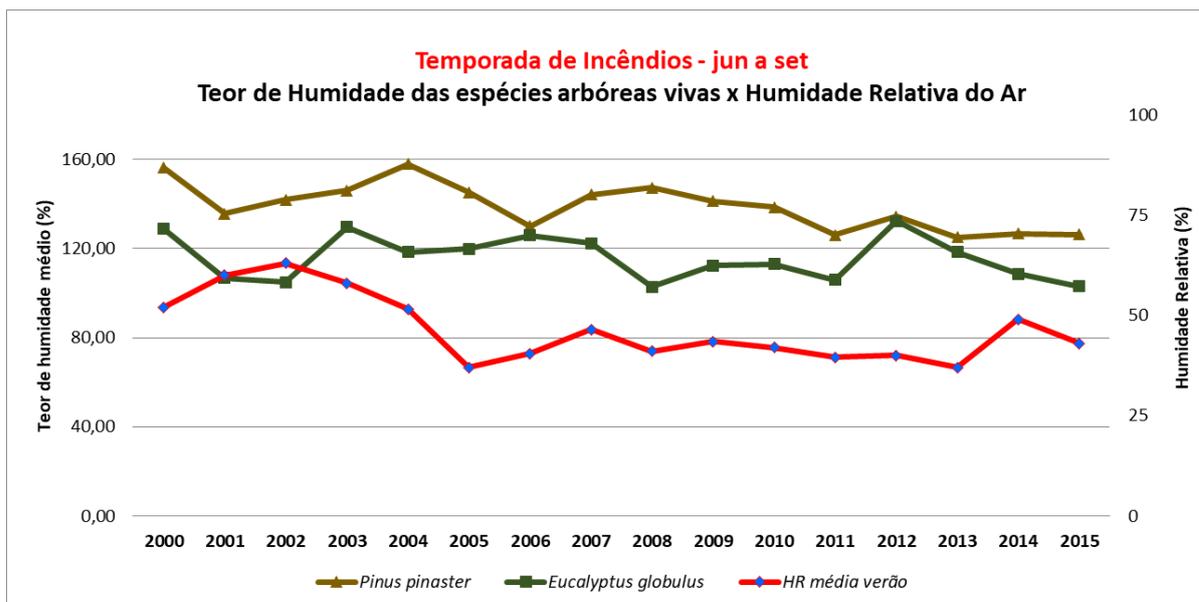


Gráfico 21 variação do teor de humidade de folhas vivas das espécies arbóreas *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) x Humidade Relativa do Ar, ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

4.2.1. Método de regressão entre a espécie *Pinus pinaster* (folhas vivas) e os fatores meteorológicos

Para as amostras de folhas vivas da espécie *Pinus pinaster*, todos os modelos de regressão apresentaram significância estatística, entretanto, o índice de explicação da variável dependente – teor de humidade – a partir dos fatores meteorológicos –variáveis independentes – foi pouco expressivo para todas as regressões. O resultado mais significativo foi obtido a partir da humidade relativa do ar, com índice de explicação de 4%, ou seja, apenas 4% da variação presente no TH das folhas vivas de Pinheiro-bravo, para a zona e período da investigação, pôde ser explicada pela variação da humidade relativa do ar. Apesar dos índices de explicação terem se mostrado pouco representativos, os modelos são considerados estatisticamente significativos.

Tabela 7 Modelo de regressão para o teor de humidade de *Pinus pinaster* (folhas vivas) e os fatores meteorológicos, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
TEMPERATURA	147,76	-0,23	1479	0,000	0,009
HUMIDADE RELATIVA	133,66	0,173	1479	0,000	0,04
VENTO	144,19	-0,281	1479	0,016	0,004
PRECIPITAÇÃO	142	0,32	1479	0,001	0,008
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					

Fonte: Dados da pesquisa.

4.2.2. Método de regressão entre a espécie *Eucalyptus globulus* (folhas vivas) e os fatores meteorológicos

Ao analisar as amostras de folhas vivas da espécie *Eucalyptus globulus*, observa-se a regressão quanto a temperatura do ar como mais significativa, com nível de explicação de 0,5%, ou seja, apenas 0,5% da variação presente no teor de humidade da folha verde de Eucalipto pode ser explicada matematicamente pela temperatura. O fator meteorológico precipitação resultou em apenas 0,4% de explicação, mas também estatisticamente significativo; enquanto que o modelo não obteve resultado significativo a partir das variáveis independentes humidade relativa do ar e vento (Tabela 8).

Tabela 8 modelo de regressão para o teor de humidade de *Eucalyptus globulus* (folhas vivas) e os fatores meteorológicos, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
TEMPERATURA	110,64	0,204	1479	0,008	0,005
HUMIDADE RELATIVA*	113,74	0,033	1479	0,217	0,001
VENTO*	116,07	-0,104	1479	0,454	0
PRECIPITAÇÃO	115,07	0,281	1479	0,012	0,004
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3. Correlação entre as espécies arbustivas vivas e os fatores meteorológicos

Destaca-se que os resultados apresentados na Tabela 9 indicam correlações semelhantes entre as espécies arbustivas (vivas) e os fatores meteorológicos, não havendo qualquer correlação divergente entre as amostras obtidas para as espécies *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) e *Calluna vulgaris* (Urze), entre 2000 e 2015 na região de estudo.

Considerando o teor de humidade das amostras vivas das espécies *Chamaespartium tridentatum* e *Calluna vulgaris*, observa-se também que os valores de TH mensurados na Lousã, entre 2000 e 2015, não se correlacionam com o fator meteorológico vento, seja ao longo do ano civil ou somente no decurso da temporada de incêndios florestais (Tabela 9).

A variação do TH das espécies se correlacionam positivamente com a humidade relativa do ar e precipitação atmosférica, durante todo o ano civil, demonstrando o mesmo comportamento ao

longo da temporada de incêndios. Assim, de acordo com os resultados (Tabela 9), quanto maior o teor de humidade da espécie *Chamaespartium tridentatum* ou *Calluna vulgaris*, maior também os valores de humidade relativa e a precipitação; e da mesma forma com a temperatura do ar, devendo ser observado que neste caso a correlação é negativa, ou seja, o maior valor de TH para as amostras vivas das espécies arbustivas estará relacionado à redução da temperatura do ar.

Tabela 9 Correlação de Pearson entre o TH das espécies arbustivas (vivas) e as condições meteorológicas, Lousã - 2000 a 2015.

janeiro a dezembro			temporada de incêndios		
	<i>Chamaespartium tridentatum</i>	<i>Calluna vulgaris</i>		<i>Chamaespartium tridentatum</i>	<i>Calluna vulgaris</i>
TEMPERATURA	-,303**	-,287**	TEMPERATURA	-,332**	-,341**
HUMIDADE RELATIVA	,362**	,354**	HUMIDADE RELATIVA	,343**	,322**
VENTO	,039	,014	VENTO	,007	-,018
PRECIPITAÇÃO	,204**	,224**	PRECIPITAÇÃO	,188**	,171**
**Nível de significância de 0,01			**Nível de significância de 0,01		
*Nível de significância de 0,05					

Fonte: Dados da pesquisa.

Os registos de TH das espécies arbustivas (vivas) indicam uma correlação matemática positiva com a precipitação pluviométrica (Gráficos 22 e 23), ao longo do ano civil e também da temporada de incêndios florestais. Quando comparado aos demais resultados, a precipitação mostra-se o fator menos influente na variação do TH das espécies arbustivas vivas – mas não menos importante. Assim, matematicamente pode-se dizer que, para a região e período avaliados, quanto maior a precipitação, maior também o teor de humidade das amostras de Urze e Carqueja.

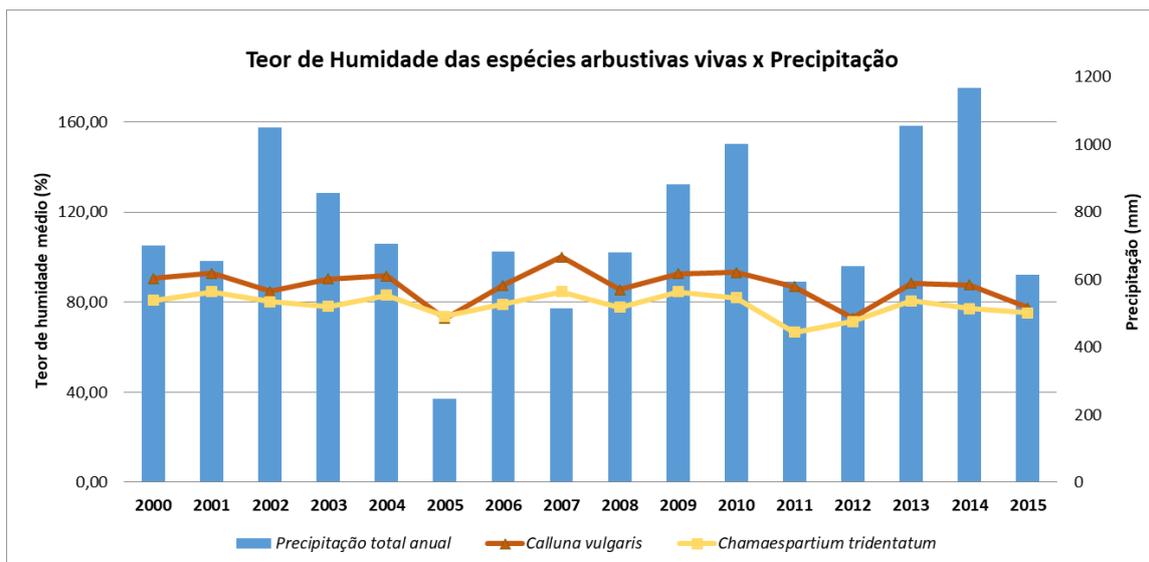


Gráfico 22 variação do teor de humidade de partes vivas das espécies arbustivas *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) x Humidade Relativa do Ar. Lousã, Portugal.

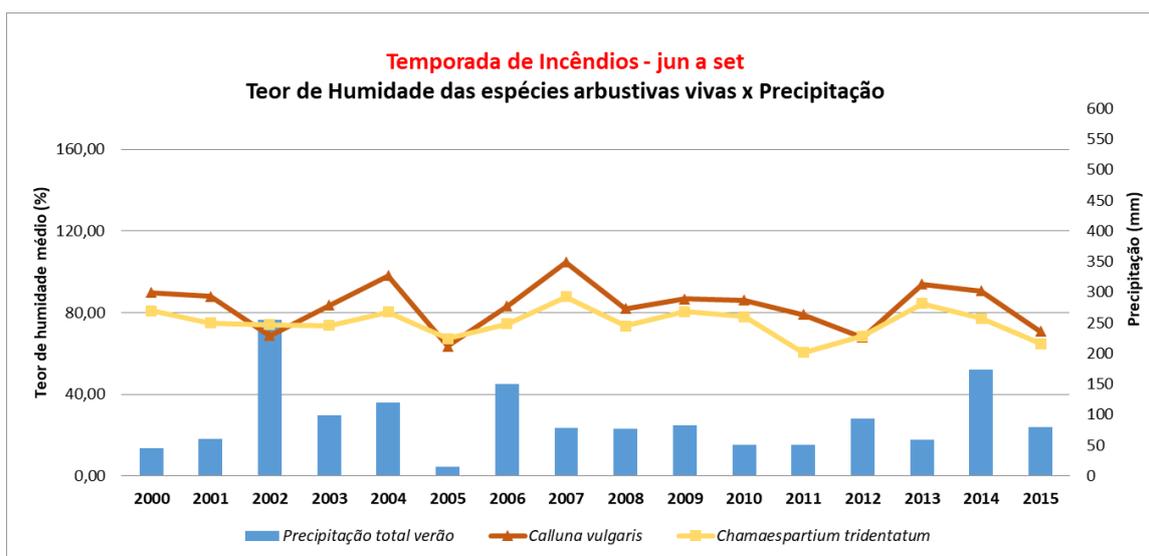


Gráfico 23 variação do teor de humidade de partes vivas das espécies arbustivas *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) x Humidade Relativa do Ar, ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

Os registos de TH obtidos a partir das amostras de Urze e Carqueja, coletadas no entorno do aeródromo da Lousã, indicam também a existência de correlação matemática negativa quando associada à temperatura do ar atmosférico, ao longo do ano civil e também da temporada de incêndios florestais, entre 2000 e 2015, ou seja, quão menor a temperatura registada na região, maior é o TH obtido no processo de amostragem das espécies arbustivas (Gráficos 24 e 25).

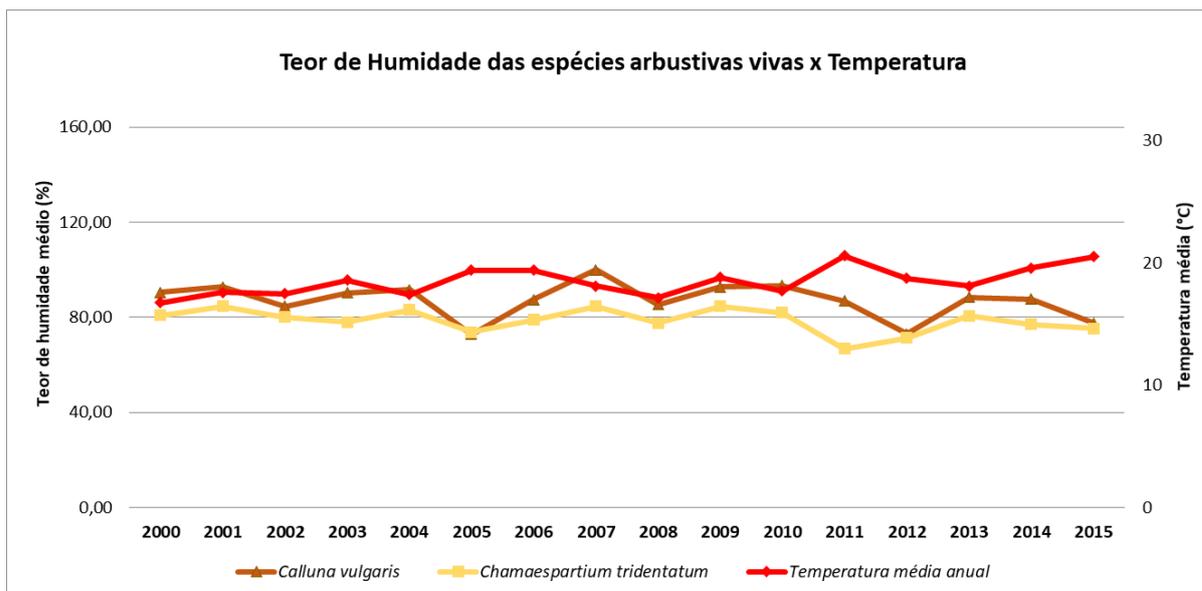


Gráfico 24 variação do teor de humidade de partes vivas das espécies arbustivas *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) x Temperatura do Ar, Lousã, Portugal.

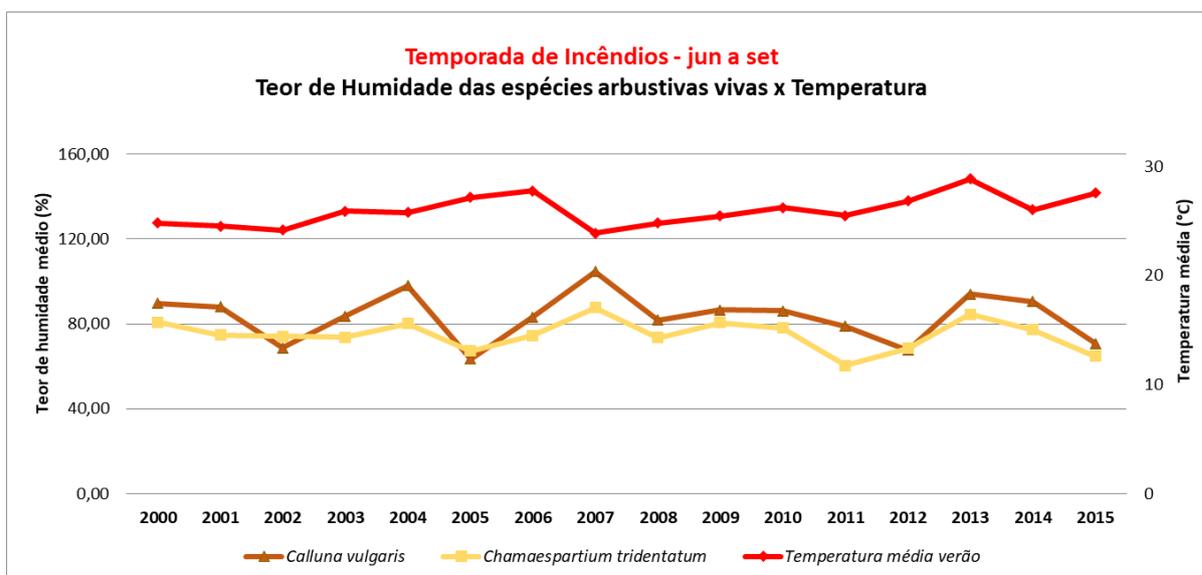


Gráfico 25 variação do teor de humidade de partes vivas das espécies arbustivas *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) x Temperatura do Ar, ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais, Lousã, Portugal.

Os resultados do processo de amostragem das espécies *Calluna vulgaris* e *Chamaespartium tridentatum* também indicam uma relação positiva entre o TH das espécies arbustivas e a humidade relativa do ar atmosférico, assim, quão maior a humidade relativa registada na região, maior é o TH observado no processo de amostragem (Gráficos 26 e 27). Dentre os demais fatores meteorológicos, o teor de humidade do ar mostrou-se como a variável que exerce a maior influência no resultado do TH das espécies arbustivas vivas (Tabela 9)

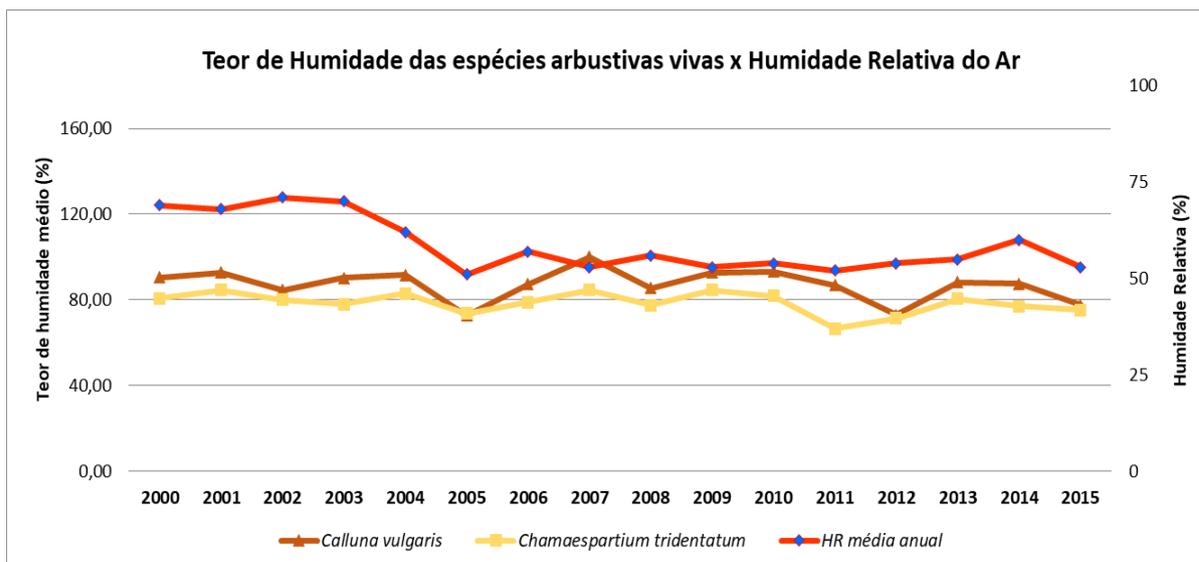


Gráfico 26 variação do teor de humidade de partes vivas das espécies arbustivas *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) x Humidade Relativa do Ar. Lousã, Portugal.

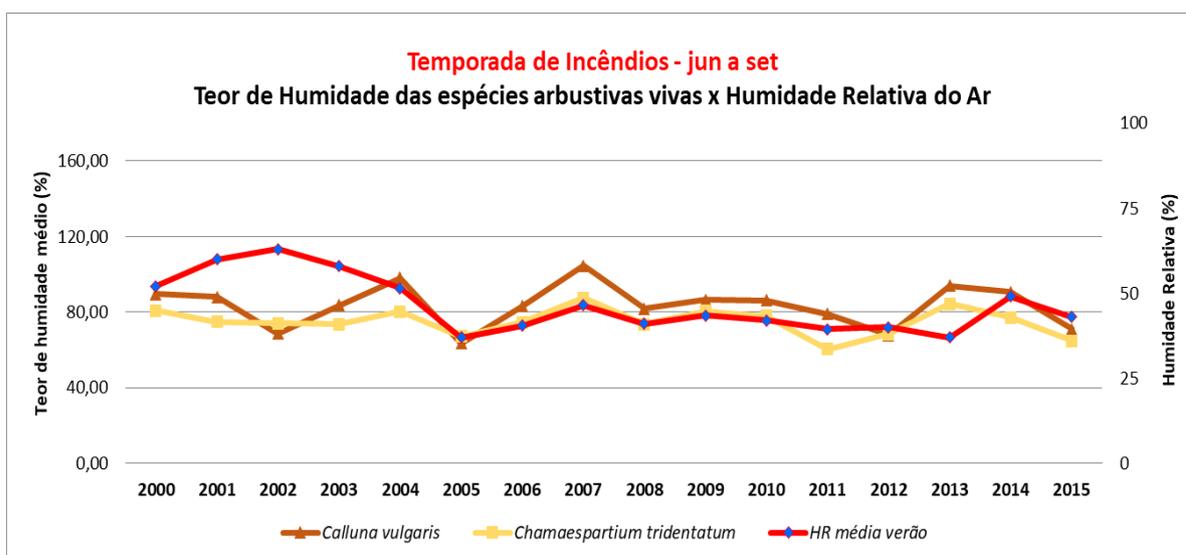


Gráfico 27 variação do teor de humidade de partes vivas das espécies arbustivas *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) x Humidade Relativa do Ar, ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais. Lousã, Portugal.

4.3.1. Aplicação do método de regressão entre a espécie *Chamaespartium tridentatum* (viva) e os fatores meteorológicos

A regressão mais significativa para a espécie *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja), considerando a zona e período de investigação, deu-se em relação à humidade relativa do ar, alcançando um nível de explicação de 13,1%, ou seja, esse é o percentual da variação presente no TH da Carqueja que pode ser explicado por este fator atmosférico. Da mesma forma, 9,2% pode

ser explicado pela temperatura do ar e 4,2% pela precipitação pluviométrica (Tabela 10). O modelo não é significativo quando o fator meteorológico vento é atribuído como variável independente, ou seja, assim como observado no método de Correlação de Pearson (Tabela 9), esta variável não se relaciona de modo significativo junto à Carqueja, para o local e período do estudo.

Tabela 10 modelo de regressão para o teor de humidade de *Chamaespartium tridentatum* e os fatores meteorológicos, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
TEMPERATURA	98,39	-0,76	1479	0,000	0,092
HUMIDADE RELATIVA	64,73	0,316	1479	0,000	0,131
VENTO*	79,5	0,178	1479	0,132	0,002
PRECIPITAÇÃO	79,75	0,742	1479	0,000	0,042
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3.2. Aplicação do método de regressão entre a espécie *Calluna vulgaris* (viva) e os fatores meteorológicos

Observando-se os resultados para a espécie *Calluna vulgaris*, tem-se que a regressão mais significativa ocorre a partir da relação com a humidade relativa do ar, assim como observado com a espécie *Chamaespartium tridentatum*. O nível de explicação alcançado para a HR é de 12,5%, ou seja, 12,5% da variação presente no TH da Urze, no período e zona investigados, pode ser explicado pela humidade relativa do ar (Tabela 11). O modelo também é matematicamente significativo para a temperatura do ar atmosférico e precipitação, com 8,2% e 0,5% de nível de explicação respetivamente. Entretanto, assim como observado na regressão desempenhada para a Carqueja (Tabela 10), o modelo não é significativo quando se considera o fator meteorológico vento, assim como observado na aplicação do método de Correlação de Pearson (Tabela 9).

Tabela 11 modelo de regressão para o teor de humidade de *Calluna vulgaris* e os fatores meteorológicos, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
TEMPERATURA	110,21	-0,885	1479	0,000	0,082
HUMIDADE RELATIVA	70,38	0,38	1479	0,000	0,125
VENTO*	89	0,08	1479	0,582	0
PRECIPITAÇÃO	88,33	1	1479	0,000	0,05
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

CAPÍTULO V – CORRELAÇÕES ENTRE O TEOR DE HUMIDADE DAS ESPÉCIES EM ESTUDO E OS ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DO SISTEMA CANADIANO DE INDEXAÇÃO DO PERIGO DE INCÊNDIO (CFFWIS)

O presente capítulo tem como objetivo apresentar e discutir os resultados obtidos a partir do estudo das relações entre os Índices do *Canadian Forest Fire Weather Index System (CFFWIS)* e o teor de humidade das espécies arbóreas (*Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*) mortas e vivas e das espécies arbustivas vivas (*Calluna vulgaris* e *Chamaespartium tridentatum*), ambos obtidos na zona de estudo da Lousã, entre os anos de 2000 e 2015.

De acordo com Viegas et al. (2004), o Sistema Canadano foi apresentado cientificamente por Van Wagner (1987) como resultado de uma acurada investigação florestal realizada no Canadá, a partir de 1968; sendo que a base que suporta o sistema advém da estimativa do teor de humidade de combustíveis florestais no Canadá, a partir de um conjunto de equações físicas, que foram calibradas por meio de dados obtidos experimentalmente.

Viegas et al. (2011) esquematizaram a estrutura escalonada do *CFFWIS*, de modo a expressar os três níveis de sua estrutura, os índices e sub-índices que o compõem, as entradas de informação (*inputs*) e os resultados providos (*outputs*). A

Figura 15 ilustra a robustez e organização do *CFFWIS*, o que o torna capaz de prever a possibilidade de eclosão de incêndios florestais e sua respetiva perigosidade, por meio do seu último resultado (*FWI*).

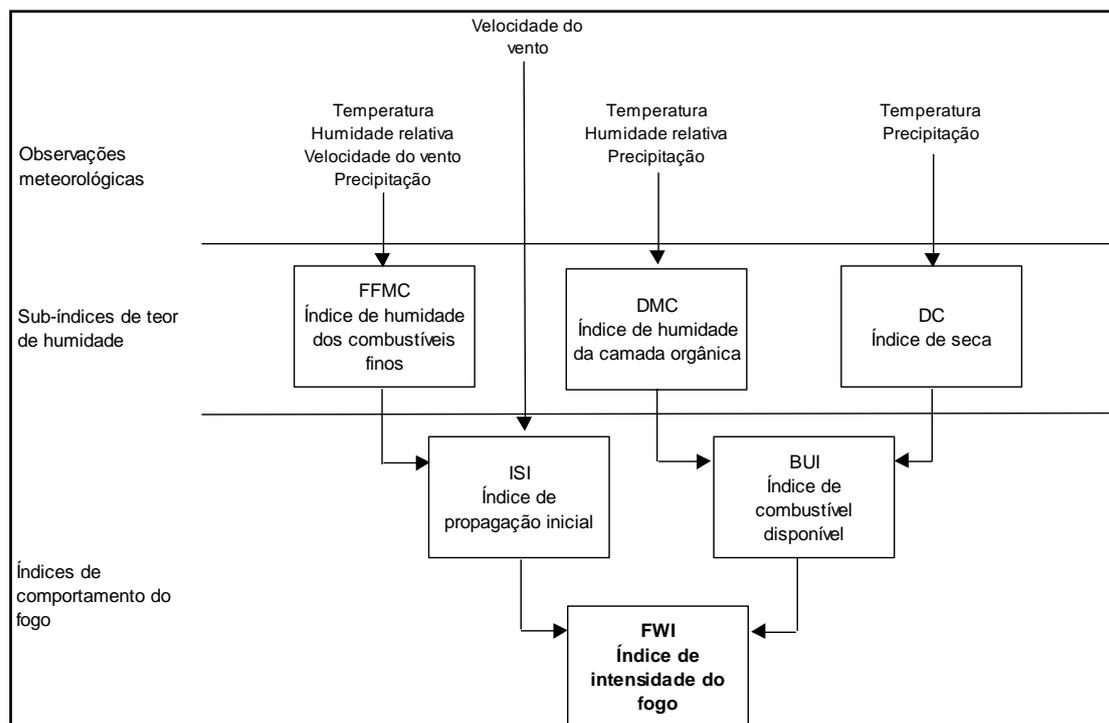


Figura 15 Estrutura do CFFWIS. Fonte: Viegas et al. (2011).

A produção da variável de saída do *CFFWIS*, a partir do índice de comportamento e intensidade do fogo (*FWI*), necessita do processamento cumulativo de dados obtidos a partir de observações meteorológicas. O conjunto de equações físicas que estrutura os índices e sub-índices do *CFFWIS*, portanto, requer os seguintes parâmetros meteorológicos como dados de entrada: temperatura do ar, humidade relativa do ar, velocidade do vento apurada a 10 metros acima do solo e o acumulado de precipitação nas 24 horas anteriores à medição (Viegas et al., 2011).

Os dados meteorológicos são processados inicialmente pelos três sub-índices, os quais estão relacionados ao teor de humidade de estratos compostos por combustíveis finos mortos (*FFMC*), ao teor de humidade da camada orgânica (*DMC*) e ao défice de água no solo (*DC*). A seguir os resultados são incorporados por dois índices relacionados à propagação do fogo, os quais representam o nível intermediário do *CFFWIS*, nomeadamente o índice de propagação inicial (*ISI*) e o índice de combustível disponível (*BUI*). Por fim, como resultado final do Sistema Canadano, é possível indexar a possibilidade de ocorrência de incêndios florestais e sua perigosidade, caso a previsão se concretize (Viegas et al., 2011).

Viegas et al. (1994) investigaram se o *CFFWIS* poderia ser aplicado para a avaliação do perigo de incêndio na Península Ibérica e, após aplicarem um conjunto de testes estatísticos, concluíram que o Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio, caracterizado pelo seu índice de perigo de incêndio *Fire Weather Index (FWI)*, apresentava desempenho consistente e aplicável à região mediterrânea (Viegas et al., 2004).

Viegas & Viegas (1997), no âmbito da utilização do *CFFWIS* para a previsão do teor de humidade dos combustíveis, realizaram testes preliminares a partir de dois sub-índices do Sistema Canadano, nomeadamente *Fine Fuel Moisture Content (FFMC)* e *Drought Content (DC)*, com bons resultados. A existência de relações matemáticas entre o teor de humidade dos combustíveis e o *CFFWIS* possibilita, portanto, estimar o TH dos combustíveis florestais a partir da obtenção de dados meteorológicos fornecidos por estações próximas à vegetação que se pretende investigar (Viegas et al., 2001).

5.1. Correlação entre as espécies arbóreas mortas e os índices e sub-índices do *CFFWIS*

Os indicadores se correlacionam de forma negativa com as espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*. A correlação é negativa, portanto, quão maior o TH das espécies arbóreas mortas, menor será o valor do índice e sub-índice que compõe o *CFFWIS*. A correlação é ligeiramente mais forte com o *FFMC* ($r = -0,792$ para o Pinheiro-bravo e $r = -0,768$ para o Eucalipto).

Quando se avalia a temporada de incêndios os resultados permanecem com a mesma tendência. As correlações com *DC* são as mais fracas encontradas ($r = -0,099$ para o Pinheiro-bravo e $r = -0,074$ para o Eucalipto).

Tabela 12 Correlação de Pearson entre o TH das espécies arbóreas (folhas mortas) e os índices / sub-índices de CFFWIS, Lousã - 2000 a 2015.

janeiro a dezembro			temporada de incêndios		
	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>		<i>Pinus pinaster</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>
FFMC	-,792**	-,768**	FFMC	-,795**	-,723**
DMC	-,385**	-,331**	DMC	-,227**	-,162**
DC	-,355**	-,324**	DC	-,099**	-,074*
ISI	-,593**	-,525**	ISI	-,536**	-,451**
BUI	-,410**	-,356**	BUI	-,226**	-,161**
FWI	-,609**	-,534**	FWI	-,564**	-,470**
**Nível de significância de 0,01			**Nível de significância de 0,01		
			*Nível de significância de 0,05		

Fonte: Dados da pesquisa.

5.1.1. Aplicação do método de regressão entre a espécie *Pinus pinaster* (folhas mortas) e os índices / sub-índices do CFFWIS

Na Tabela 13 são apresentados os modelos de regressão para as amostras de folhas mortas da espécie arbórea *Pinus pinaster* (variável dependente) e cada um dos índices do sistema canadiano.

Tabela 13 modelo de regressão para o teor de humidade de *Pinus pinaster* (morto) e os índices / sub-índices de CFFWIS, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
FFMC	91,03	-0,85	1479	0,000	0,626
DMC	28,78	-0,076	1479	0,000	0,148
DC	32,08	-0,021	1479	0,000	0,126
ISI	36,31	-2,896	1479	0,000	0,352
BUI	30,38	-0,073	1479	0,000	0,168
FWI	36,47	-0,81	1479	0,000	0,371
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar os resultados encontrados, observa-se que o modelo mais robusto é o que relaciona o TH do Pinheiro-bravo (folhas mortas) com *FFMC*, alcançando nível de explicação de 62,6%, ou seja, esse percentual representa o quão da variação presente no TH da folha morta do Pinheiro-bravo pode ser explicado pelo índice *FFMC*.

A regressão menos robusta acontece entre o TH das folhas mortas das amostras de *Pinus pinaster* (variável dependente) e o *DC*, com nível de explicação de 12,6%. Em todos os modelos o coeficiente do índice é negativo, portanto, confirma o que foi apresentado na correlação – ao apontar que, à medida que o índice ou sub-índice do sistema canadiano aumenta, o TH da espécie diminui.

5.1.2. Aplicação do método de regressão entre a espécie *Eucalyptus globulus* (folhas mortas) e os índices / sub-índices do *CLFWIS*

Para os modelos produzidos a partir dos valores do TH das folhas mortas da espécie *Eucalyptus globulus*, no local de amostragem e período de investigação, observa-se que todos os modelos têm significância estatística, entretanto, o modelo mais robusto é o que relaciona o TH do combustível com *FFMC*, assim como verificado nas amostras de folhas mortas do Pinheiro-bravo – obtendo nível de explicação de 59%; esse percentual representa a parcela da variação presente no TH da folhada de Eucalipto que pode ser explicada pelo índice *FFMC*.

Tabela 14 modelo de regressão para o teor de humidade de *Eucalyptus globulus* (morto) e índices / sub-índices de *CLFWIS*, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
<i>FFMC</i>	98,58	-0,968	1480	0,000	0,59
<i>DMC</i>	26,73	-0,077	1480	0,000	0,109
<i>DC</i>	30,73	-0,022	1480	0,000	0,105
<i>ISI</i>	34,77	-3	1480	0,000	0,275
<i>BUI</i>	28,42	-0,075	1480	0,000	0,126
<i>FWI</i>	34,79	-0,832	1480	0,000	0,285
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					

Fonte: Dados da pesquisa.

A regressão menos robusta ocorre entre o TH da folhada do Eucalipto e o *DC*, com nível de explicação de 10,5%. Em todos os modelos o coeficiente do índice é negativo, o que confirma o resultado obtido a partir da correlação, ou seja, que à medida que o índice do sistema canadiano aumenta, o teor de humidade da folhada de Eucalipto diminui.

5.2. Correlação entre as espécies arbóreas vivas e os índices / sub-índices do CFFWIS

Na comparação entre os resultados do TH das espécies arbóreas vivas *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* é possível observar que nem todas as correlações são significativas. O TH da folha verde do Pinheiro-bravo não se correlaciona com *DMC*, *DC* ou *BUI*; ao passo que, comparado às demais variáveis se correlaciona negativamente, ou seja, o aumento no teor de humidade está vinculado a um menor valor no índice do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio.

Ao considerar o TH da folha viva de Eucalipto, este não se correlaciona apenas com *ISI*, com *FFMC* a correlação é negativa, ou seja, o aumento no teor de humidade está vinculado a uma diminuição no *FFMC*. Com os demais indicadores a correlação é positiva, ou seja, ambas caminham na mesma direção.

Tabela 15 Correlação de Pearson entre o TH das espécies arbóreas (folhas vivas) e os índices / sub-índices de CFFWIS, Lousã - 2000 a 2015.

janeiro a dezembro			temporada de incêndios		
	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>		<i>Pinus pinaster</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>
<i>FFMC</i>	-,163**	-,065*	<i>FFMC</i>	-,135**	-,053
<i>DMC</i>	-,042	,064*	<i>DMC</i>	-,043	,052
<i>DC</i>	-,029	,103**	<i>DC</i>	-,059	,088**
<i>ISI</i>	-,145**	,027	<i>ISI</i>	-,134**	,047
<i>BUI</i>	-,040	,069**	<i>BUI</i>	-,044	,060
<i>FWI</i>	-,100**	,058*	<i>FWI</i>	-,110**	,060
**Nível de significância de 0,01			**Nível de significância de 0,01		
*Nível de significância de 0,05					

Fonte: Dados da pesquisa.

A avaliação isolada da base de dados compreendida entre os meses de junho e setembro, a folhada de Eucalipto se correlaciona significativamente apenas com *DC* ($r = 0,088$), indicando que o aumento de uma também leva ao aumento da outra variável. E, para as amostras de folha morta

do Pinheiro-bravo, foram encontradas correlações negativas com *FFMC* ($r = -0,135$), *ISI* ($r = -0,134$) e *FWI* ($r = -0,110$), o que indica que o aumento do teor de humidade está vinculado a menores valores para os índices do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio.

5.2.1. Aplicação do método de regressão entre a espécie *Pinus pinaster* (folhas vivas) e os índices / sub-índices do *CFFWIS*

A regressão produzida a partir dos valores referentes ao TH das folhas vivas da espécie *Pinus pinaster* e aos índices / sub-índices do *CFFWIS*, para a zona de estudo e período de investigação, observa-se que os modelos alcançaram resultados não representativos, oferecendo nível de explicação máximo de 2,7%, assim, apenas 2,7% da variação presente no TH da folha viva do Pinheiro pode ser explicado pelo índice *FFMC*.

A regressões feitas com *DMC*, *DC* e *BUI* não são significativas e, portanto, não são analisadas.

Tabela 16 modelo de regressão para o teor de humidade de *Pinus pinaster* (vivo) e índices / sub-índices de *CFFWIS*, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
<i>FFMC</i>	154,97	-0,154	1479	0,000	0,027
<i>DMC*</i>	143,09	-0,007	1479	0,108	0,002
<i>DC*</i>	143,15	-0,001	1479	0,269	0,001
<i>ISI</i>	145,59	-0,62	1479	0,000	0,021
<i>BUI*</i>	143,17	-0,006	1479	0,121	0,002
<i>FWI</i>	144,57	-0,117	1479	0,000	0,01
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

5.2.2. Aplicação do método de regressão entre a espécie *Eucalyptus globulus* (folhas vivas) e os índices / sub-índices do CFFWIS

Para os modelos desenvolvidos a partir do TH das folhas vivas da espécie *Eucalyptus globulus*, observa-se que os modelos são demasiado fracos, com um nível de explicação máximo de 0,5%, portanto, apenas 0,5% da variação presente no TH da folha viva de Eucalipto pode ser explicado pelo índice *BUI*. Os demais indicadores – *FFMC*, *DMC* e *FWI* – alcançaram resultados ainda mais fracos (Tabela 17). As regressões feitas com *DC* e *ISI* não foram significativas.

Tabela 17 modelo de regressão para o teor de humidade de *Eucalyptus globulus* (vivo) e índices / sub-índices de CFFWIS, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
<i>FFMC</i>	121,34	-0,072	1479	0,013	0,004
<i>DMC</i>	114,11	0,013	1479	0,014	0,004
<i>DC*</i>	112,16	0,006	1479	0,269	0,01
<i>ISI*</i>	114,7	0,136	1479	0,303	0,001
<i>BUI</i>	113,81	0,013	1479	0,008	0,005
<i>FWI</i>	113,92	0,08	1479	0,027	0,003
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

5.3. Correlação entre as espécies arbustivas vivas e os índices / sub-índices do CFFWIS

Os ensaios de correlação entre as espécies arbustivas vivas – Urze (*Calluna vulgaris*) e Carqueja (*Chamaespartium tridentatum*) e os índices e sub-índices do CFFWIS, observa-se que há correlação (significativa e negativa) do TH das espécies com todos os componentes do Sistema Canadiano, ou seja, um maior teor de humidade na espécie está associado a um menor ou maior valor para o índice ou sub-índice. Ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais, a mesma dinâmica foi observada, contudo, nota-se uma redução não expressiva no valor da correlação.

Tabela 18 Correlação de Pearson entre o TH das espécies arbustivas (vivas) e os índices / sub-índices do CFFWIS, Lousã - 2000 a 2015.

janeiro a dezembro			temporada de incêndios		
	<i>Chamaespartium tridentatum</i>	<i>Calluna vulgaris</i>		<i>Chamaespartium tridentatum</i>	<i>Calluna vulgaris</i>
FFMC	-,350**	-,384**	FFMC	-,361**	-,367**
DMC	-,351**	-,354**	DMC	-,332**	-,356**
DC	-,471**	-,400**	DC	-,492**	-,432**
ISI	-,347**	-,360**	ISI	-,329**	-,354**
BUI	-,389**	-,379**	BUI	-,378**	-,391**
FWI	-,425**	-,428**	FWI	-,433**	-,460**
**Nível de significância de 0,01			**Nível de significância de 0,01		

Fonte: Dados da pesquisa.

5.3.1. Aplicação do método de regressão entre a espécie *Calluna vulgaris* (viva) e os índices / sub-índices do CFFWIS

Tabela 19 modelo de regressão para o teor de humidade de *Calluna vulgaris* (viva) e índices / sub-índices de CFFWIS, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
FFMC	126,29	-0,449	1479	0,000	0,147
DMC	96,96	-0,077	1479	0,000	0,125
DC	102,69	-0,025	1479	0,000	0,16
ISI	99,41	-1,914	1479	0,000	0,13
BUI*	98,6	-0,074	1479	0,000	0,143
FWI	101,08	-0,618	1479	0,000	0,183
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					

Fonte: Dados da pesquisa.

A aplicação dos modelos de regressão para a espécie *Calluna vulgaris* (Tabela 19) apresenta resultados mais robustos, sendo que o *FWI* obteve o melhor nível de explicação (18,3%) para a variação do TH das amostras de Urze, considerando o local e período de investigação.

A regressão menos robusta acontece entre o TH da Urze e o *DMC*, com nível de explicação de 12,5%. Em todos os modelos o coeficiente do índice é negativo, o que confirma o resultado

encontrado na correlação (item 5.3), que à medida que o índice do Sistema Canadano aumenta, o teor de humidade desta espécie diminui.

5.3.2. Aplicação do método de regressão entre a espécie *Chamaespartium tridentatum* (viva) e os índices / sub-índices do CFFWIS

Os modelos produzidos para a espécie *Chamaespartium tridentatum* indicam que o resultado mais robusto é o que relaciona o teor de humidade da Carqueja com *DC*, com um nível de explicação de 22,2%, desta forma, verifica-se que 22,2% da variação presente no teor de humidade da carqueja pode ser explicado pelo índice *DC*.

Tabela 20 modelo de regressão para o teor de humidade de *Chamaespartium tridentatum* (viva) e índices / sub-índices do CFFWIS, Lousã - 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
FFMC	107,87	-0,332	1479	0,000	0,122
DMC	86,63	-0,062	1479	0,000	0,123
DC	93,22	-0,024	1479	0,000	0,222
ISI	88,37	-1,496	1479	0,000	0,12
BUI*	88,2	-0,062	1479	0,000	0,151
FWI	89,96	-0,499	1479	0,000	0,181
TH = Constante + Coeficiente do índice * índice					

Fonte: Dados da pesquisa.

A regressão menos robusta acontece entre o teor de humidade e o *ISI*, com nível de explicação de 12%. Em todos os modelos o coeficiente do índice é negativo, já confirmando o que foi encontrado na correlação, que à medida que o índice do sistema canadano aumenta, o teor de humidade da carqueja diminui.

CAPÍTULO VI – CORRELAÇÕES ENTRE O TEOR DE HUMIDADE DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS, OS REGISTOS DE IGNIÇÕES E A EXTENSÃO DA ÁREA ARDIDA EM VEGETAÇÃO FLORESTAL

Para o Concelho da Lousã, de acordo com os resultados apresentados (Tabela 21), a correlação que apresentou melhor significância ocorre entre o teor de humidade das espécies investigadas e o número de ignições em área florestal foi obtido a partir das amostragens do TH da espécie *Calluna vulgaris* (Urze). Para o período e local de investigação, observa-se também que a quantidade de ignições se correlacionou com menor nível de significância com a espécie *Pinus pinaster* (folhas mortas) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja).

Tabela 21 Correlação de Pearson entre o número de ignições, a extensão da área ardida e o teor de humidade dos combustíveis florestais finos, Concelho de Lousã, 2000 a 2015

	IGNIÇÃO	ÁREA ARDIDA
<i>Pinus pinaster</i> (morto)	-,153*	-,054
<i>Eucalyptus globulus</i> (morto)	-,108	-,042
<i>Pinus pinaster</i> (vivo)	,092	,020
<i>Eucalyptus globulus</i> (vivo)	0,00	,037
<i>Chamaespartium tridentatum</i>	-,138*	-,053
<i>Calluna vulgaris</i>	-,245**	-,134*
**Nível de significância de 1%		
* Nível de significância de 5%		

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar os dados do Distrito de Coimbra (Tabela 22), nota-se que o número de ignições se correlacionou significativamente com o teor de humidade de todos os combustíveis florestais finos, exceto com as folhas vivas do Pinheiro-bravo. Dentre os resultados obtidos, tem-se que o número de ignições em área rural se correlacionou significativa e positivamente com as folhas vivas da espécie *Eucalyptus globulus* (vivo), ao passo que perante as demais se correlacionou negativamente. A área ardida se correlacionou significativa e negativamente com folha morta de Pinheiro-bravo, folhada de Eucalipto, Carqueja e Urze, mas não se correlacionou com as espécies arbóreas vivas.

Tabela 22 Correlação entre o número de ignições, a extensão da área ardida e o teor de humidade dos combustíveis florestais finos, Distrito de Coimbra, 2000 a 2015

	IGNIÇÃO	ÁREA ARDIDA
<i>Pinus pinaster</i> (morto)	-,293**	-,080**
<i>Eucalyptus globulus</i> (morto)	-,232**	-,065*
<i>Pinus pinaster</i> (vivo)	-,036	,014
<i>Eucalyptus globulus</i> (vivo)	,148**	,030
<i>Chamaespartium tridentatum</i>	-,284**	-,102**
<i>Calluna vulgaris</i>	-,294**	-,151**
**Nível de significância de 1%		
* Nível de significância de 5%		

Fonte: Dados da pesquisa.

6.1. Aplicação do método de regressão entre as ignições em ambiente florestal e o teor de humidade dos combustíveis florestais finos

Na sequência estão apresentados os modelos de regressão que têm como variável dependente a quantidade de ignições – incêndios, queimadas, reacendimentos e fogacho – e o teor de humidade de todas as amostras do período de investigação.

6.1.1. Concelho da Lousã

Durante o período compreendido entre 01/01/2000 e 31/12/2015 foram registados 765 (setecentos e sessenta e cinco) ignições no Concelho da Lousã, compostas por incêndios, queimadas, reacendimentos e fogacho.

O modelo de regressão produzido para conhecer a relação entre o número de ignições em vegetação florestal e o teor de humidade dos combustíveis florestais finos no Concelho da Lousã, ao longo do período de estudo, indica que o modelo não é significativo para as espécies *Eucalyptus globulus* (folhas vivas e mortas) e *Pinus pinaster* (folhas vivas), ou seja, não há associação entre a variação do TH desses combustíveis e o total de ignições na região.

Há significância estatística para as demais amostras de vegetação, entretanto, o percentual de explicação (R²) para cada uma das espécies não supera a 2%, ou seja, os resultados não são expressivos (Tabela 23).

Tabela 23 modelo de regressão para o total de ignições no Concelho da Lousã e teor de humidade dos combustíveis florestais finos, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
<i>Pinus pinaster</i> (morto)	1,085	-0,018	272	0,012	0,023
<i>Eucalyptus globulus</i> (morto)*	0,979	-0,012	273	0,074*	0,012
<i>Pinus pinaster</i> (vivo)*	-0,028	0,006	272	0,130*	0,008
<i>Eucalyptus globulus</i> (vivo)*	0,855	0,001	272	0,996*	0,000
<i>Chamaespartium tridentatum</i>	1,587	-0,01	272	0,022	0,019
<i>Calluna vulgaris</i>	1,914	-0,013	272	0,000	0,060
IGNIÇÕES= Constante + Coeficiente do índice * índice					
* modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

O TH da folha morta do Pinheiro-bravo explica 2,3% da variação presente nas ignições do período, à medida que o teor de humidade aumenta as ignições diminuem (coeficiente do índice negativo). Os resultados do modelo de regressão indicam que o TH das espécies arbustivas vivas também influencia o total de ignições registadas no Concelho da Lousã, uma vez que a variação do TH das espécies *Chamaespartium tridentatum* e *Calluna vulgaris* são acompanhados pela redução do número de ignições. Conforme se observa na Tabela 23, a espécie *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) apresenta o nível de explicação de 1,6% do total de ignições em vegetação florestal no Concelho da Lousã, enquanto que a espécie *Calluna vulgaris* (Urze) alcançou 6%.

6.1.2. Distrito de Coimbra

Ao longo do período compreendido entre 01/01/2000 e 31/12/2015 foram registados 15.370 (quinze mil, trezentos e setenta) ocorrências de ignição em vegetação florestal no Distrito de Coimbra, somadas as ocorrências de incêndios, queimadas, reacendimentos e fogacho.

A partir dos dados apresentados na Tabela 24, nota-se que o teor de humidade da espécie *Pinus pinaster* (folhas mortas) explica 8,6% da variação presente nas ignições do Distrito de Coimbra, ou seja, à medida que há variação no TH das folhas mortas do Pinheiro-bravo ocorre também alteração no número de ignições em vegetação florestal.

Entretanto, ao analisar o resultado para a correlação entre o número de ignições e o TH das folhas verdes da mesma espécie (Pinheiro-bravo), observa-se que a regressão mostrou-se não significativa, ou seja, não há explicação para a variação do registo de ignições no Distrito de Coimbra, a partir da variação do TH das folhas vivas do Pinheiro-bravo coletadas na região do aeródromo da Lousã (Tabela 24).

Tabela 24 modelo de regressão para o total de ignições no Distrito de Coimbra e teor de humidade dos combustíveis florestais finos, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
<i>Pinus pinaster (morto)</i>	8,264	-0,142	1148	0,000	0,086
<i>Eucalyptus globulus (morto)</i>	7,356	-0,101	1149	0,000	0,053
<i>Pinus pinaster (vivo)*</i>	7,778	-0,012	1148	0,221*	0,000
<i>Eucalyptus globulus (vivo)</i>	1,381	0,041	1148	0,000	0,021
<i>Chamaespartium tridentatum</i>	14,117	-0,104	1148	0,000	0,080
<i>Calluna vulgaris</i>	13,428	-0,085	1148	0,000	0,086
IGNIÇÕES= Constante + Coeficiente do índice * índice					
* modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

A mesma dinâmica de relação (negativa) é observada na espécie *Eucalyptus globulus*, com explicação de 5,3% para as folhas mortas e 2,1% para as amostras de folhas vivas. Apesar do percentual de explicação ser menor, quando comparado à espécie anterior, destaca-se a ocorrência de relação significativa entre as folhas vivas de Eucalipto coletadas na região do aeródromo da Lousã e o total de ignições em vegetação florestal no Distrito de Coimbra, diferentemente às folhas verdes do Pinheiro-bravo.

Observa-se que o TH das espécies arbustivas vivas coletadas no entorno do aeródromo da Lousã também pode ser associado matematicamente ao total de ignições em vegetação florestal no Distrito de Coimbra. Os resultados indicam que a espécie *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) apresenta o nível de explicação de 8%, ao passo que a espécie *Calluna vulgaris* (Urze) alcançou 8,6% de explicação para as ignições registadas no Distrito de Coimbra, entre 2000 e 2015 (Tabela 24).

6.2. Aplicação do método de regressão entre a área ardida em ambiente florestal e o teor de humidade dos combustíveis florestais finos

A seguir apresentam-se os modelos de regressão que têm como variável dependente a extensão de área ardida e variável independente o teor de humidade de todas as amostras produzidas ao longo do período de investigação.

6.2.1. Concelho da Lousã

Ao longo do período compreendido entre 01/01/2000 e 31/12/2015 arderam 2544 (dois mil quinhentos e quarenta e quatro) hectares, o que representa 18,38% do território que compreende o Concelho da Lousã⁴, cuja área total compreende 138,40 km².

O modelo de regressão que correlaciona a área ardida no Concelho da Lousã e o TH presente nos combustíveis florestais finos coletados no entorno do aeródromo da Lousã, conforme os dados apresentados na Tabela 25, indica que apenas o teor de humidade da espécie *Calluna vulgaris* (Urze) está matematicamente associado ao total de área ardida naquela região.

Os demais valores de TH obtidos a partir da vegetação florestal coletada no entorno do aeródromo da Lousã, ao longo do período de estudo, não são significativos para a variável dependente ÁREA ARDIDA no Concelho da Lousã.

Apesar da significância estatística, ressalta-se que a espécie *Calluna vulgaris* (Urze) representa apenas 1,8% de explicação sobre a variação de área ardida no Concelho da Lousã, ou seja, um índice bastante discreto.

Tabela 25 modelo de regressão para a Área Ardida e Teor de Humidade dos combustíveis florestais finos no Concelho de Lousã, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
<i>Pinus pinaster</i> (morto)*	9,422	-0,402	272	0,371*	0,003
<i>Eucalyptus globulus</i> (morto)*	7,139	-0,285	273	0,492*	0,002
<i>Pinus pinaster</i> (vivo)*	-7,99	0,088	272	0,740*	0,000
<i>Eucalyptus globulus</i> (vivo)*	-8,43	0,109	272	0,543*	0,001
<i>Chamaespartium tridentatum</i> *	21,838	-0,237	272	0,386*	0,003
<i>Calluna vulgaris</i>	40,76	-0,447	272	0,027	0,018
Área Ardida - Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

6.2.2. Distrito de Coimbra

A partir dos dados consolidados na Tabela 26, observa-se que o TH das espécies arbóreas vivas, coletadas no aeródromo da Lousã, não são significativos para as previsões de área ardida no Distrito de Coimbra. As espécies arbóreas mortas, ao contrário, influenciam negativamente a extensão de área ardida, ou seja, quando o TH aumenta, a área ardida é menor. Considerando os

⁴ http://www.dgterritorio.pt/dados_abertos/caop/

resultados da Tabela 26, observa-se que o nível de explicação obtido para a espécie *Pinus pinaster* (morto) é de 0,6% e para o *Eucalyptus globulus* (morto) o resultado é de 0,3%.

Para a espécie *Chamaespartium tridentatum*, obteve-se 1% de explicação sobre a variação de área ardida e uma relação negativa no coeficiente, ou seja, um aumento no teor de humidade gera uma redução da área ardida.

A espécie *Calluna vulgaris* alcançou 2,2% de explicação sobre a variação de área ardida, com uma relação negativa no coeficiente, ou seja, o aumento no TH das amostras de Urze coletadas na Lousã está matematicamente associado à redução da área ardida no Distrito de Coimbra.

Tabela 26 modelo de regressão para a Área Ardida e Teor de Humidade dos combustíveis florestais finos no Distrito de Coimbra, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
<i>Pinus pinaster</i> (morto)	123,463	-3,902	1106	0,007	0,006
<i>Eucalyptus globulus</i> (morto)	100,017	-2,886	1107	0,031	0,003
<i>Pinus pinaster</i> (vivo)*	-1,325	0,458	1106	0,641*	0,000
<i>Eucalyptus globulus</i> (vivo)*	-27,88	0,795	1106	0,321*	0,000
<i>Chamaespartium tridentatum</i>	353,769	-3,745	1106	0,001	0,010
<i>Calluna vulgaris</i>	441,158	-4,400	1106	0,000	0,022
Área Ardida - Constante + Coeficiente do índice * índice					
* Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

CAPÍTULO VII – CORRELAÇÕES ENTRE OS REGISTOS DE IGNIÇÕES E EXTENSÃO DE ÁREA ARDIDA EM VEGETAÇÃO FLORESTAL E OS ÍNDICES / SUB-ÍNDICES DO SISTEMA CANADIANO DE INDEXAÇÃO DO PERIGO DE INCÊNDIO (*CFFWIS*)

Para o Concelho da Lousã, a extensão da área ardida se correlacionou significativamente apenas com *FWI*, ao passo que o número de ignições se correlacionou com *FFMC*, *ISI* e *FWI*.

Tabela 27 Correlação entre o número de ignições, a extensão da área ardida e os índices / sub-índices do CFFWIS, Concelho de Lousã, 2000 a 2015

	IGNIÇÃO	ÁREA ARDIDA
<i>FFMC</i>	,121**	,032
<i>DMC</i>	,061	,045
<i>DC</i>	,061	,048
<i>ISI</i>	,181**	,078
<i>BUI</i>	,072	,054
<i>FWI</i>	,187**	,084*
** Nível de significância de 1%		
* Nível de significância de 5%		

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar os resultados para o Distrito de Coimbra, tanto a extensão da área ardida quanto o número total de ignições em vegetação florestal correlacionam-se positivamente com todos os índices do sistema canadiano, com níveis de explicação superiores aos resultados do Concelho da Lousã.

Tabela 28 Correlação entre o número de ignições, a extensão da área ardida e os índices / sub-índices do CFFWIS, Distrito de Coimbra, 2000 a 2015

	IGNIÇÃO	ÁREA ARDIDA
<i>FFMC</i>	,363**	,063**
<i>DMC</i>	,408**	,076**
<i>DC</i>	,409**	,082**
<i>ISI</i>	,580**	,140**
<i>BUI</i>	,437**	,086**
<i>FWI</i>	,636**	,144**
** Nível de significância de 1%		
* Nível de significância de 5%		

Fonte: Dados da pesquisa.

7.1. Aplicação do método de regressão entre os registos de ignições em ambiente florestal e os índices / sub-índices do *CFFWIS*

A seguir apresentam-se os modelos de regressão que têm como variável dependente a extensão de área ardida e os índices / sub-índices do *CFFWIS*, mensurados na estação meteorológica instalada no aeródromo da Lousã.

7.1.1. Concelho da Lousã

Na sequência estão apresentados os modelos de regressão que têm como variável dependente a quantidade de ignições – incêndios, queimadas, reacendimentos e fogacho – e os índices do Sistema Canadano.

Tabela 29 modelo de regressão para o total de ignições e os índices / sub-índices do CFFWIS no Concelho de Lousã, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
FFMC	-0,386	0,014	555	0,004	0,015
DMC*	0,764	0,001	555	0,150	0,004
DC*	0,728	0,000	555	0,151	0,004
ISI	0,532	0,042	555	0,000	0,033
BUJ*	0,736	0,001	555	0,092	0,005
FWI	0,51	0,013	555	0,000	0,035
Ignições = Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

FFMC, *ISI* e *FWI* são significativos e explicam o total de ignição. Todos têm coeficiente positivo e por isso seu aumento implica no aumento do total de ignições.

7.1.2. Distrito de Coimbra

Na sequência estão apresentados os modelos de regressão que têm como variável dependente a quantidade de ignições – incêndios, queimadas, reacendimentos e fogacho – e os índices do Sistema Canadano.

Tabela 30 modelo de regressão para o total de ignições e índices do CFFWIS no Distrito de Coimbra, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
FFMC	-7,551	0,143	3311	0,000	0,131
DMC	2,866	0,021	3311	0,000	0,166
DC	1,975	0,006	3311	0,000	0,167
ISI	0,835	0,717	3311	0,000	0,337
BUI	2,506	0,020	3311	0,000	0,191
FWI	0,893	0,216	3311	0,000	0,405
Área Ardida - Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

Todos os índices do sistema canadiano são significativos para explicar o total de ignições. Por terem coeficiente positivo, seu aumento implica no aumento do total de ignições. O que tem maior poder de explicação é o *FWI*, 40,5% e o com menor poder de explicação é o *FFMC* com 13,1%

7.2. Aplicação do método de regressão entre a extensão de área ardida em ambiente florestal e os índices / sub-índices do CFFWIS

Na sequência estão apresentados os modelos de regressão que têm como variável dependente a extensão da área ardida e os índices / sub-índices do Sistema Canadiano como variáveis independentes, ou seja, influenciadoras.

7.2.1. Concelho da Lousã

Tabela 31 modelo de regressão para o total de área ardida em ambiente florestal e os índices / sub-índices do CFFWIS no Concelho da Lousã, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
FFMC*	-9,86	0,150	555	0,450	0,001
DMC*	1,167	0,021	555	0,294	0,002
DC*	-0,176	0,006	555	0,261	0,002
ISI*	-1,954	0,739	555	0,066	0,006
BUI*	0,223	0,023	555	0,203	0,003
FWI	-2,61	0,239	555	0,047	0,007
Área ardida = Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

Apenas o índice *FWI* foi significativo, ou seja, apenas a alteração de *FWI* tem influência sobre a área ardida. Como o coeficiente é positivo, um aumento nele gera um aumento de área ardida.

7.2.2. Distrito de Coimbra

Tabela 32 modelo de regressão para o total de área ardida em ambiente florestal e os índices / sub-índices do CFFWIS no Distrito de Coimbra, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
<i>FFMC*</i>	-131,868	1,885	3097	0,000	0,004
<i>DMC*</i>	5,718	0,281	3097	0,000	0,005
<i>DC*</i>	-9,189	0,083	3097	0,000	0,006
<i>ISI*</i>	-37,704	12,326	3097	0,000	0,019
<i>BUI*</i>	-0,830	0,282	3097	0,000	0,007
<i>FWI</i>	-32,573	3,466	3097	0,000	0,020
Área ardida = Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

Todos os índices do sistema canadiano são significativos para explicar a área ardida. Por terem coeficiente positivo, seu aumento implica no aumento da área ardida. O que tem maior poder de explicação é o *ISI*, 1,9% e o com menor poder de explicação é o *FFMC* com 0,4%.

CAPÍTULO VIII – CORRELAÇÕES ENTRE OS REGISTOS DE IGNIÇÕES, EXTENSÃO DE ÁREA ARDIDA EM VEGETAÇÃO FLORESTAL E FATORES METEOROLÓGICOS

Os resultados da correlação entre o número de ignições, extensão da área ardida e fatores meteorológicos para o Concelho da Lousã (Tabela 33) indicam que a extensão de área ardida se correlacionou significativamente e de forma positiva apenas com o fator vento, ou seja, o aumento do vento pode ser matematicamente associado ao aumento da extensão da área ardida na Lousã. O número total de ignições se correlacionou com a temperatura do ar – de forma positiva – e com a humidade relativa do ar – de forma negativa. Assim, o aumento do número de ignições está associado matematicamente ao aumento da temperatura e ao decréscimo da humidade relativa.

Tabela 33 Correlação entre o número de ignições, a extensão da área ardida e os fatores meteorológicos, Concelho da Lousã, 2000 a 2015

	IGNIÇÃO	ÁREA ARDIDA
TEMPERATURA	,172**	,056
HUMIDADE RELATIVA	-,141**	-,058
VENTO	,038	,092*
PRECIPITAÇÃO	-0,06	-,007
**Nível de significância de 1%		
* Nível de significância de 5%		

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados da correlação entre o número de ignições, extensão da área ardida e fatores meteorológicos para o Distrito de Coimbra (Tabela 34) indicam que o número de ignições se correlacionou de forma significativa com todos os fatores meteorológicos: de forma negativa com a humidade relativa do ar e precipitação, bem como de forma positiva com a temperatura do ar e intensidade do vento. A extensão da área ardida não se correlacionou com a precipitação, mas está relacionada de modo negativo à HR e de modo positivo à temperatura e intensidade do vento.

Tabela 34 Correlação entre o número de ignições, a extensão da área ardida e os fatores meteorológicos, Distrito de Coimbra, 2000 a 2015

	IGNIÇÃO	ÁREA ARDIDA
TEMPERATURA	,489**	,098**
HUMIDADE RELATIVA	-,478**	-,097**
VENTO	,050**	,039*
PRECIPITAÇÃO	-,112**	-,017
**Nível de significância de 1%		
* Nível de significância de 5%		

Fonte: Dados da pesquisa.

8.1. Aplicação do método de regressão entre os registos de ignições em ambiente florestal e os fatores meteorológicos

Na sequência estão apresentados os modelos de regressão que têm como variável dependente a quantidade de ignições – incêndios, queimadas, reacendimentos e fogacho – e as condições climáticas como variáveis independentes, ou seja, enquanto influenciadoras da primeira.

8.1.1. Concelho da Lousã

Tabela 35 modelo de regressão para o total de ignições em área florestal e condições meteorológicas no Concelho de Lousã, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
TEMPERATURA	0,172	0,026	555	0,000	0,03
HUMIDADE RELATIVA	1,203	-0,009	555	0,001	0,02
VENTO*	0,779	0,009	555	0,375*	0,001
PRECIPITAÇÃO*	0,852	-0,029	555	0,156*	0,004
Ignições = Constante + Coeficiente do índice * índice					
* Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados mostraram-se não significativos para os fatores vento e precipitação, referentes à explicação do total de ignições. A temperatura do ar obteve coeficiente positivo, ou seja, seu aumento está associado ao acréscimo das ignições. Por fim, observa-se também que a HR implica no decréscimo do número de ignições – coeficiente negativo. Apesar das correlações significativas, o nível de explicação obtido foi de 3% para a temperatura e 2% para HR.

8.1.2. Distrito de Coimbra

Tabela 36 modelo de regressão para o total de ignições em área florestal e condições meteorológicas no Distrito de Coimbra, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
TEMPERATURA	-2,681	0,327	3311	0,000	0,239
HUMIDADE RELATIVA	10,811	-0,126	3311	0,000	0,228
VENTO	4,254	0,057	3311	0,004	0,002
PRECIPITAÇÃO	4,741	-0,178	3311	0,000	0,012
Ignições = Constante + Coeficiente do índice * índice					
* Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

Para o Distrito de Coimbra, a temperatura e o vento têm coeficiente positivo, ou seja, aumento nessas medidas está associado ao aumento das ignições. O acréscimo da HR e da precipitação implica na queda do número de ignições – coeficiente negativo. A variável com maior poder de explicação é a temperatura, 23,9% e a com menor poder de explicação é o vento com 0,2%.

8.2. Aplicação do método de regressão entre a extensão de área ardida em ambiente florestal e os fatores meteorológicos

Na sequência estão apresentados os modelos de regressão que têm como variável dependente a extensão da área ardida e as condições meteorológicas como variáveis independentes, que influenciam na variação da primeira.

8.2.1. Concelho da Lousã

Tabela 37 modelo de regressão para a área ardida e condições meteorológicas no Concelho de Lousã, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
TEMPERATURA	-5,395	0,348	555	0,188	0,003
HUMIDADE RELATIVA	9,553	-0,149	555	0,175	0,003
VENTO	-2,911	0,911	555	0,030	0,008
PRECIPITAÇÃO	3,567	-0,135	555	0,873	0
Área ardida = Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

Para o Concelho da Lousã, apenas o fator intensidade do vento mostrou-se significativo para a extensão da área ardida, assim, o aumento deste fator está associado ao acréscimo da extensão de área ardida (coeficiente positivo), apesar disso, o poder de explicação que a variável vento exerce sobre a área ardida não supera 1%.

8.2.2. Distrito de Coimbra

Tabela 38 modelo de regressão para a área ardida e condições meteorológicas no Distrito de Coimbra, 2000 a 2015.

	Constante	Coef. do índice	n	Significância	R2
TEMPERATURA	-76,696	4,696	3097	0,000	0,009
HUMIDADE RELATIVA	118,845	-1,844	3097	0,000	0,009
VENTO	7,875	3,229	3097	0,028	0,001
PRECIPITAÇÃO*	30,762	-2,234	3097	0,347	0
Área ardida = Constante + Coeficiente do índice * índice					
*Modelo não significativo (significância > 0,05)					

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados obtidos no Distrito de Coimbra indicam que todos os fatores meteorológicos e se mostraram significativos para a extensão da área ardida. A temperatura do ar e a intensidade do vento têm coeficiente positivo, ou seja, o acréscimo destas variáveis implica no aumento da extensão da área ardida no Distrito de Coimbra. Enquanto que o aumento da humidade relativa do ar implica no decréscimo da área ardida – coeficiente negativo. A variável precipitação não obteve resultado significativo. Destaca-se que todas as variáveis têm menos de 1% de poder de explicação para a área ardida.

RESULTADOS

A investigação resultou na produção de extenso acervo de informações e dados, expressos por meio de gráficos variados ou a partir de verificações estatísticas, que serviram para subsidiar a apuração das hipóteses propostas para a Dissertação, bem como foram organizados para a continuidade e avanço dos estudos no âmbito dos combustíveis florestais, especificamente no campo do teor de humidade dos combustíveis florestais finos.

VARIAÇÃO SAZONAL DO TH DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS

A investigação do acervo de resultados do programa de amostragem das espécies florestais coletadas na Lousã, desde 1987, demonstrou a ocorrência de padrões de variação sazonal expressivos dentre as amostras de folhas mortas do Pinheiro-bravo e do Eucalipto, ao passo que as amostras de folhas ou partes vivas das espécies apresentaram variações discretas ao longo das estações do ano. As espécies apresentam-se agrupadas em três conjuntos distintos (arbóreas mortas, arbóreas vivas e arbustivas vivas), que serviram para facilitar a comparação de resultados entre as espécies em cada grupo e ou entre os grupos.

As espécies inseridas no mesmo grupo de amostras mantiveram padrões sazonais de variação que se assemelham, com sensíveis variações dentre as amostras obtidas de exemplares vivos e oscilações sazonais mais significativas para o grupo que compõe as amostras de folhas mortas. As amostras de folhas mortas das espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* obtiveram TH médio de 19,81% e 17,16% respetivamente, ao longo de todo o período de estudo. Quando observado apenas a temporada de incêndios florestais, o TH médio das espécies decresceu para 12,29% e 9,48%, respetivamente; e destaca-se que o valor médio do TH para as espécies arbóreas mortas está a decrescer ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais (Gráficos 2 e 3).

Os valores médios atribuídos para as folhas vivas de espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*, ao longo do período de investigação, resultam em respetivamente 141,51% e 114,97%. A variação do TH ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais não difere significativamente das médias anuais, totalizando 139,94% e 115,64%, respetivamente. Destaca-se que o TH médio do Eucalipto, ao longo da temporada de incêndios florestais, é superior à média total do período de estudo (Gráficos 4 e 5), comportamento que não foi verificado em nenhuma outra espécie.

A variação dos resultados do TH médio das amostras de *Calluna vulgaris* (Urze) e *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) é menos expressiva, uma vez que as espécies mantêm resultados médios semelhantes ao longo de todo o período de estudo (Gráfico 7), inclusive no

decurso das Temporadas de Incêndios Florestais. A média final do TH para as amostras de Urze alcançou 87,96% ao longo de todo o período e 84,91%, quando considerado apenas as Temporadas de Incêndios Florestais, ao passo que as amostras de Carqueja alcançaram 84,91% de TH médio para todo o período e 74,69% para as Temporadas de Incêndios Florestais. Assim, dentre as espécies arbustivas, nota-se uma variação mais expressiva no TH da Carqueja, enquanto o TH da Urze mantém-se com menor amplitude de oscilação.

CORRELAÇÃO ENTRE O TH DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS

O comportamento de cada espécie, seja ao longo do ano civil ou no decurso das Temporadas de Incêndios Florestais, pode ser progressivamente observado por meio dos gráficos inseridos no Anexo deste trabalho, os quais ilustram não apenas a variação sazonal do TH das espécies que compõem o programa de amostragem, mas permitem também observar a similaridade da variação de comportamento das espécies.

Observou-se que a correlação estatística apresenta maior significância entre as espécies arbóreas mortas, nomeadamente *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) com resultado expressivo perante as demais correlações do estudo. Ainda com significância estatística, mas com correlação fraca, ou seja, mais próxima a zero, tem-se que a espécie arbórea viva *Eucalyptus globulus* (Eucalipto) e a espécie arbustiva viva *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) alcançaram o resultado menos expressivo dentre os demais, para todo o período de estudo.

Para as temporadas de incêndios obteve-se o primeiro resultado de correlação não significativa, a partir do teste realizado entre a espécie arbórea viva *Pinus pinaster* (Pinheiro-bravo) e a espécie arbustiva viva *Calluna vulgaris* (Urze), portanto, não há significância matemática na correlação entre tais espécies para o local e período avaliados. A avaliação estatística aplicada aos valores de TH, no decurso das Temporadas de Incêndios Florestais indica também que as espécies arbóreas mortas mantêm a correlação mais expressiva.

As correlações matemáticas entre os valores de TH obtidos a partir das amostras de partes vivas das espécies arbustivas, nomeadamente *Calluna vulgaris* e *Chamaespartium tridentatum* mostraram-se significativas, com níveis de explicação elevados e que apresentam o mesmo padrão de variação ao longo de todas as fases do estudo.

Observa-se também que são significativos e razoavelmente expressivos os resultados obtidos a partir das correlações entre o TH das partes vivas de espécies arbustivas e as folhas mortas das espécies arbóreas, seja Pinheiro-bravo ou Eucalipto.

TH DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS X FATORES METEOROLÓGICOS

Os ensaios para aferir a correlação estatística entre os combustíveis florestais finos coletados na Lousã e os parâmetros meteorológicos apontam que as espécies arbóreas mortas estão mais vulneráveis às variações meteorológicas. entre as espécies arbóreas mortas.

As correlações mais expressivas ocorreram entre as folhas mortas do Pinheiro-bravo e a humidade relativa do ar, com um nível de explicação de 39,4% da variação do TH da espécie a partir da oscilação de HR, com destaque também para a temperatura e precipitação, que obtiveram nível de explicação de 34,4% e 21,7%, respetivamente.

As amostras de folhas mortas do Eucalipto também obtiveram resultados expressivos de correlação junto a maioria dos fatores meteorológicos, alcançando 34,6% de explicação para a variação do TH, a partir da variação do valor de HR. Os fatores atmosféricos temperatura e precipitação mostraram-se matematicamente significativos e obtiveram nível de explicação de 28,5% e 22,7%, respetivamente

Para as espécies arbóreas mortas, os modelos demonstram que o fator meteorológico vento não é estatisticamente significativo para a variação do TH das amostras de folhas mortas da espécie *Pinus pinaster* e muito pouco significativo para a espécie *Eucalyptus globulus*, não sendo robusto para explicar a variação do TH nas espécies.

Os ensaios para avaliar a correlação matemática entre os valores do TH das espécies arbóreas vivas e os fatores atmosféricos, demonstram que não há correlação significativa entre o teor de humidade da espécie *Eucalyptus globulus* (folhas vivas) e a humidade relativa do ar, independente do período de investigação. Os resultados indicaram que o Eucalipto, analogamente ao Pinheiro-bravo, quando observadas o TH das amostras de folhas vivas, correlaciona-se apenas com a temperatura do ar e precipitação. As amostras de folhas vivas do Pinheiro-bravo correlacionam-se com todos os fatores atmosféricos, exceto com o parâmetro vento especificamente durante a temporada de incêndios florestais.

Apesar dos resultados indicarem que há significância estatística entre as amostras de folhas vivas do Pinheiro-bravo e a maioria dos parâmetros meteorológicos, bem como que não são significativas as correlações estatísticas quando relacionados ao TH das folhas vivas do Eucalipto, observa-se que os índices de explicação matemática são demasiado reduzidos e pouco expressivos para as correlações entre os fatores meteorológicos e as folhas vivas das amostras de folhas obtidas a partir das espécies arbóreas; o que pode estar associado à estabilidade dos valores do TH das amostras de folhas vivas das espécies arbóreas ao longo das Temporadas de Incêndios Florestais.

Para as espécies arbustivas vivas, observa-se que as correlações matemáticas entre o TH das amostras de partes verdes da Carqueja e da Urze obtiveram resultados de significância semelhantes, portanto, as espécies correlacionam-se ou não com os mesmos fatores. Observa-se que o fator meteorológico vento não se correlaciona com nenhuma das espécies, ao longo do

período de estudo ou temporadas de incêndios. O TH das espécies arbustivas se correlaciona com todos os fatores meteorológicos, seja ao longo do ano civil ou no decurso das Temporadas de Incêndios Florestais. A precipitação mostrou-se como o fator menos influente na variação do TH das espécies arbustivas vivas, sendo observado que o fator humidade relativa do ar apresenta-se como de maior expressão. Assim, destacam-se os resultados do método de regressão linear, ao indicarem que a HR pode explicar 13,1% e 12,5% da variação do TH das amostras de Carqueja e Urze, na zona e período de investigação.

TH DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS X *CFFWIS*

A análise dos resultados obtidos a partir das correlações testadas entre os índices e sub-índices do *CFFWIS* e o teor de humidade de amostras de folhas mortas e vivas de Pinheiro-bravo e Eucalipto, bem como das partes verdes de Urze e Carqueja, permitiram observar quais componentes do Sistema Canadano apresentam significância estatística para serem utilizados como ferramenta para a explicação ou predição do TH de combustíveis florestais finos.

FFMC, *FWI* e *ISI* apresentaram os melhores desempenhos estatísticos, na ordem em que se apresentam, quando correlacionados às espécies arbóreas mortas. *BUI*, *DMC* e *DC* também obtiveram resultados com nível de significância satisfatória ao serem relacionados aos combustíveis florestais mortos amostrados na Lousã, entretanto os níveis de explicação da variação do TH dos combustíveis, a partir destes componentes do *CFFWIS*, mostraram-se bastante inferiores aos primeiros (*FFMC*, *FWI* e *ISI*).

Destaca-se que os resultados para o *FFMC* foram expressivamente superiores a *FWI* e *ISI*, conforme apurado no estudo; e, a partir dos ensaios apresentados no estudo, tem-se que 62,6% do TH do Pinheiro-bravo (folha morta) e 59% do TH do Eucalipto (folhas mortas) podem ser explicados por *FFMC*. Também significativos foram os resultados de explicação do TH a partir de *FWI*, perfazendo em 37,1% para o Pinheiro-bravo e 28,5% para o Eucalipto. O índice *ISI* pode servir para explicar 35,2% do TH das folhas mortas do Pinheiro-bravo e 27,5% para o TH das folhas mortas de Eucalipto.

Os resultados dos ensaios de correlação entre o TH das folhas vivas das espécies arbóreas e os componentes do *CFFWIS* são expressivamente diferentes do desempenho obtido entre o TH das amostras de folhas de mortas e o Sistema Canadano. Assim, destaca-se que o TH da folha viva do Pinheiro-bravo não se correlaciona com *DMC*, *DC* ou *BUI* e o TH da folha verde de Eucalipto não apresentou correlação significativa com *ISI*, ao longo do período de estudo. Os resultados para o Pinheiro-bravo mantêm-se ao longo da temporada de incêndios florestais, entretanto, o Eucalipto obteve resultado de correlação significativa apenas perante o *DC*, ou seja, ao longo do período compreendido entre junho e setembro os valores de TH obtidos a partir das amostras de folhas verdes de Eucalipto obtiveram correlação significativa apenas com o sub-índice *DC*.

A correlação entre as espécies arbustivas vivas e os índices e sub-índices do *CFFWIS* indicou que há correlação significativa entre o TH de Urze e Carqueja e todos os componentes do Sistema Canadano, em todo o período de estudo e temporadas de incêndios. A correlação mais significativa para a Urze sempre ocorre junto ao *FWI*, que também obteve o melhor índice para explicação da variável (18,3%). As amostras de Carqueja apresentaram melhores resultados de correlação com o sub-índice *DC*, que também obteve o melhor coeficiente de determinação do TH (22%).

TH DOS COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS FINOS X REGISTOS DE IGNIÇÕES E EXTENSÃO ÁREA ARDIDA EM VEGETAÇÃO FLORESTAL

Para o Concelho da Lousã, apenas as correlações entre o teor de humidade das espécies *Calluna vulgaris* (Urze), *Chamaespartium tridentatum* (Carqueja) e *Pinus pinaster* (folhas mortas de Pinheiro-bravo) e o número de ignições apresentaram significância estatística, com destaque ao melhor desempenho das amostras de Urze para a explicação matemática dos registos de ignições. Os demais ensaios apontaram correlações não significativas entre o TH das espécies e o número de ignições no Concelho da Lousã.

Quanto à extensão de área ardida no Concelho da Lousã, obteve-se resultado significativo apenas para os ensaios de correlação da *Calluna vulgaris* (Urze). Assim, para o Concelho da Lousã, as amostras de TH de Urze representam a única espécie com correlação positiva perante as duas variáveis de estudo: ignições e área ardida, mas com nível de explicação dos resultados inferior a 2%, ou seja, fraco apesar da significância estatística.

Ao analisar os resultados para o Distrito de Coimbra, nota-se que o número de ignições se correlacionou significativamente com o teor de humidade de todos os combustíveis florestais finos, exceto com as folhas vivas do Pinheiro-bravo (que também não se correlacionou significativamente no Concelho da Lousã). Destaque para as duas espécies que obtiveram os melhores níveis de explicação do número de ignições: Urze e Pinheiro-bravo (folhas mortas). A correlação entre a extensão da área ardida e o TH dos combustíveis florestais finos mostrou-se significativa para as amostras das espécies arbóreas (folhas mortas) e espécies arbustivas, não sendo significantes dentre as amostras de folhas vivas de Pinheiro-bravo e Eucalipto. Assim como no Concelho da Lousã, os resultados do TH da espécie *Calluna vulgaris* (Urze) obteve os melhores índices de explicação.

As correlações entre os registos de ignições e área ardida no Distrito de Coimbra e os resultados do TH dos combustíveis florestais finos, a partir do processo de amostragem desenvolvido pelo CEIF na Lousã, mostraram-se mais significativas e com melhor nível de explicação ao serem comparadas às correlações desempenhadas apenas para o

Concelho da Lousã, o que demonstra a funcionalidade operacional do processo de amostragem mantido pelo CEIF.

REGISTROS DE IGNIÇÕES E EXTENSÃO DE ÁREA ARDIDA X *CFFWIS*

Para o Concelho da Lousã, a correlação entre a extensão da área ardida e os índices / sub-índices do *CFFWIS* mostrou-se significativa apenas para o índice *FWI*, ao passo que o número de ignições – incêndios, queimadas, reacendimentos e fogacho – correlacionou-se significativamente com *FFMC*, *ISI* e *FWI*, com resultados que obtiveram melhores níveis de explicação para *BUI* e *FWI*.

Ao analisar os resultados para o Distrito de Coimbra, tanto a extensão da área ardida quanto o número total de ignições em vegetação florestal correlacionam-se positivamente com todos os índices do sistema canadiano, com níveis de explicação superiores aos resultados do Concelho da Lousã. O índice *FWI* alcançou nível de explicação superior a 40% para as ignições do Distrito de Coimbra, ao passo que para o Concelho da Lousã o desempenho não superou aos 3,5%, sendo este o melhor resultado para o *CFFWIS* na Lousã.

Quanto a utilização dos índices / sub-índices do *CFFWIS* para a explicação da extensão da área ardida no Concelho da Lousã ou Distrito de Coimbra, destaca-se o fato de que apenas o *FWI* obteve resultados poucos relevantes, mas com alguma significância matemática – no limite do aceitável para o Concelho da Lousã.

REGISTROS DE IGNIÇÕES E EXTENSÃO DE ÁREA ARDIDA X *FATORES METEOROLÓGICOS*

Para o Concelho da Lousã, os resultados indicam que a variável extensão de área ardida se correlaciona apenas com o fator vento, mas com nível de explicação inferior a 1%. O número total de ignições se correlaciona significativamente com a temperatura do ar e com a humidade relativa do ar, mas com níveis de explicação inferiores a 1%.

Os resultados obtidos no Distrito de Coimbra indicam que o número total de ignições se correlaciona de modo significativo com todos os fatores meteorológicos, com níveis de explicação expressivos para temperatura – 23,9% – e humidade relativa do ar – 22,8%. A extensão da área ardida não se correlaciona apenas com o acumulado de precipitação, obtendo bons resultados pouco expressivos para a explicação da variável, não superiores a 1%.

CONCLUSÃO

Os resultados do trabalho comprovam que o Programa de Amostragem dos Combustíveis Florestais Finos mantidos pelo CEIF na Lousã, desde 1987, presta-se a construir um acervo de dados que tem relevante valor para a ciência dos incêndios florestais, seja na predição de sua ocorrência ou investigação do comportamento do fogo. Os dados permitem demonstrar também a variação do teor de humidade das espécies ao longo dos meses, apresentando padrões de variação sazonal expressivos dentre as amostras de folhas mortas obtidas a partir das espécies arbóreas – Pinheiro-bravo e Eucalipto, enquanto que as demais amostras apresentaram variações discretas ao longo das estações do ano, por se tratarem de partes vivas das espécies.

A pesquisa demonstrou que os padrões de variação se assemelham entre as espécies, com sensíveis variações dentre as amostras obtidas de partes verdes e oscilações mais significativas dentre as amostras de folhas mortas. O comportamento que não foi verificado em nenhuma outra espécie ocorre na variação do TH médio das amostras de folhas vivas do Eucalipto, que ao longo da temporada de incêndios florestais mostrou-se sempre superior à média total do período de estudo. Outro fato relevante foi observado na correlação estatística entre as espécies arbóreas mortas, que apresenta resultado muito superior às demais correlações do estudo.

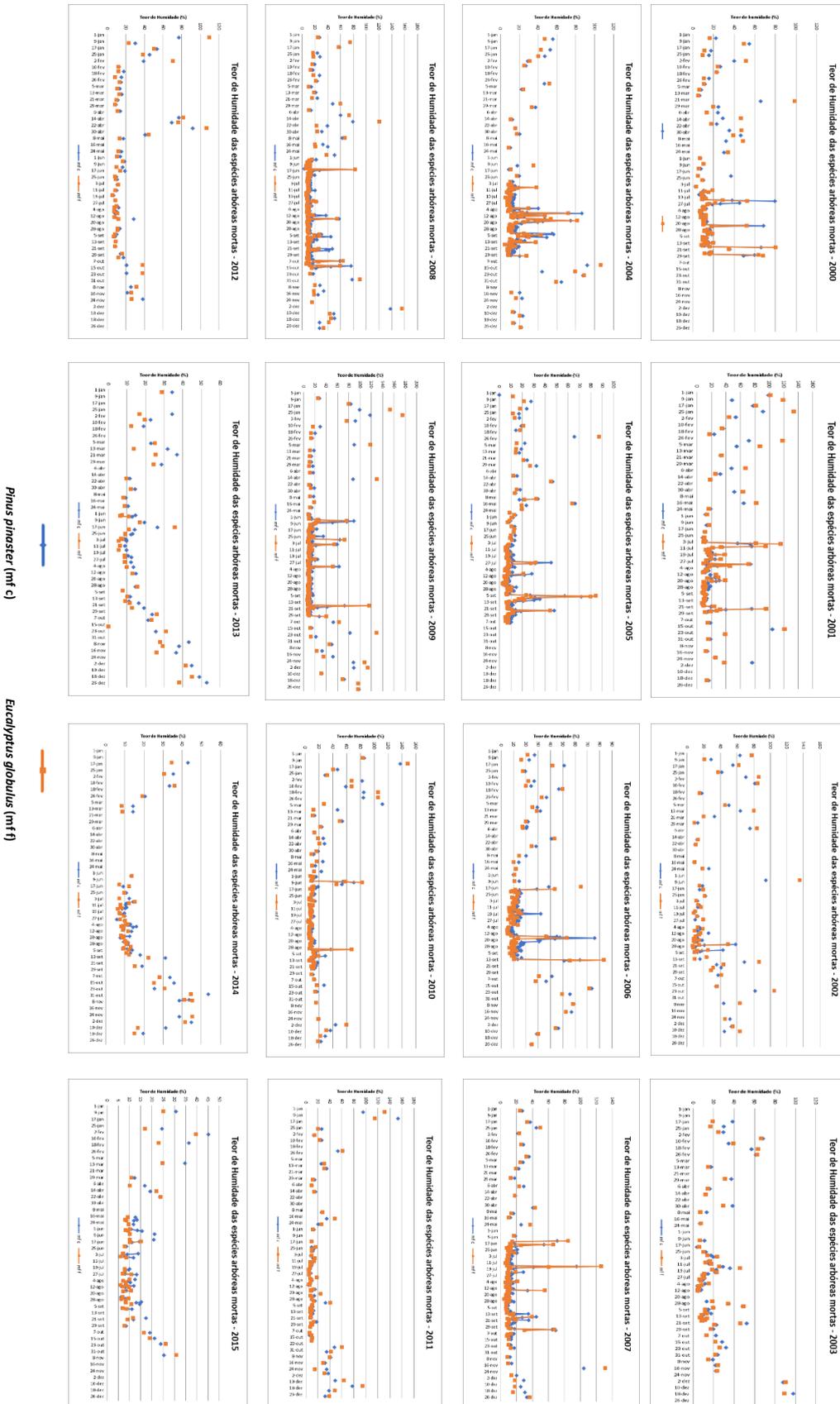
Os ensaios comprovaram também que, dentre os combustíveis florestais finos coletados na Lousã, as amostras de partes mortas obtidas das espécies arbóreas estão muito mais vulneráveis às variações meteorológicas, se comparadas às partes vivas das mesmas espécies. Os resultados comprovaram que as correlações mais expressivas ocorrem entre as folhas mortas do Pinheiro-bravo e do Eucalipto, quando relacionadas à humidade relativa do ar, temperatura e precipitação. Os ensaios também demonstram que não há correlação significativa entre os valores do TH das espécies arbóreas vivas e os fatores atmosféricos, independente do período de investigação. O fato do teor de humidade das espécies arbustivas se correlacionarem com todos os fatores meteorológicos, seja ao longo do ano civil ou no decurso das Temporadas de Incêndios Florestais, mostrou-se como outro resultado ainda pouco discutido na seara dos estudos florestais, com destaque para o fato da precipitação ter-se mostrado como fator menos influente na variação do TH das espécies arbustivas vivas. O estudo também permitiu observar quais componentes do Sistema Canadano apresentam significância estatística para serem utilizados na explicação ou predição do TH de combustíveis florestais finos. *FFMC*, *FWI* e *ISI* apresentaram os melhores desempenhos estatísticos, quando correlacionados às espécies arbóreas mortas. A investigação comprovou que o número de ignições no Distrito de Coimbra se correlacionou significativamente com o teor de humidade de todos os combustíveis florestais finos, exceto com as folhas vivas do Pinheiro-bravo. A pesquisa indica também que as amostras de Urze e folhas mortas do Pinheiro-bravo obtiveram os melhores níveis de explicação do número de ignições no Distrito de Coimbra. A comprovação de que os registos de ignições e área ardida em combustíveis florestais no Distrito de Coimbra podem ser associados aos resultados do programa de amostragem desenvolvido pelo CEIF na Lousã, justifica a produção deste trabalho e permite a oferta de dados trabalhados que poderão subsidiar pesquisas futuras, nos diversos campos de estudo relacionados ao teor de humidade da vegetação.

Bibliografia

- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L., & Williams, D. (1983). *Fire in forestry*. (Wiley and Sons, Org.). Nova York: Universidade de Michigan.
- Chuvieco, E., Aguado, I., & Dimitrakopoulos, A. P. (2004). Conversion of fuel moisture content values to ignition potential for integrated fire danger assessment. *Canadian Journal of Forest Research*, 34(11), 2284–2293. <https://doi.org/10.1139/x04-101>
- Countryman, C. M., & Dean, W. A. (1979). Measuring moisture content in living chaparral: a field user's manual. *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PSW-36*, 28. <https://doi.org/citeulike-article-id:14148965>
- Fernandes, P., Botelho, H., & Loureiro, C. (2002). Manual de formação para a técnica do fogo controlado, (January 2002), 1–144.
- ICNF. (2016). *Relatório anual de áreas ardidas e incêndios em Portugal Continental - 2015*. Recuperado de <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/relat/rel-if/areas-ardidas>
- Lopes, S., Viegas, D. X., Lemos, L. de, & Viegas, M. T. (2014). Fine forest fuels moisture content monitoring in Central Portugal: a long term experiment. In *Advances in forest fire research* (p. 1133–1141). Imprensa da Universidade de Coimbra. https://doi.org/10.14195/978-989-26-0884-6_123
- Magalhães, M. N., & Lima, A. C. P. de. (2004). *Noções de Probabilidade e Estatística*. (EDUSP, Org.) (6º ed). EDUSP. Recuperado de <http://www.edusp.com.br/detlivro.asp?ID=720259>
- Norum, R. a., & Miller, M. (1984). Measuring Fuel Moisture Content in Alaska : Standard Methods and. *General Technical Report*, 1–40.
- Office, U. S., City, S. L., Pollet, J., & Brown, A. (2007). Fuel Moisture Sampling Guide Updated April 2007 Bureau of Land Management Utah State Office Salt Lake City , Utah Prepared by : Jolie Pollet and Annie Brown, (April).
- Parente, J., Pereira, M. G., Amraoui, M., & Fischer, E. M. (2018). Heat waves in Portugal: Current regime, changes in future climate and impacts on extreme wildfires. *Science of The Total Environment*, 631, 534–549. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.044>
- Pereira, M. G., Trigo, R. M., da Camara, C. C., Pereira, J. M. C., & Leite, S. M. (2005). Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129(1–2), 11–25. <https://doi.org/10.1016/J.AGRFORMET.2004.12.007>
- Pollet, J., & Brown, A. (2007). Fuel Moisture Sampling Guide. Salt Lake City: Bureau of Land Management. Recuperado de <https://www.wfas.net/nfmd/references/fmg.pdf>

- Rossa, C. G., & Fernandes, P. M. (2017). On the effect of live fuel moisture content on fire rate of spread. *Forest Systems*, 26(3). <https://doi.org/10.5424/fs/2017263-12019>
- Rossa, C. G., & Fernandes, P. (2017). Fuel-related fire behaviour relationships for mixed live and dead fuels burned in the laboratory. *Canadian Journal of Forest Research*, (June). <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0457>
- Rossa, C. G., & Fernandes, P. M. (2017). On the effect of live fuel moisture content on fire rate of spread. *Forest Systems*, 26(3). <https://doi.org/10.5424/fs/2017263-12019>
- Ruffault, J., Curt, T., Martin-Stpaul, N. K., Moron, V., & Trigo, R. M. (2018). Extreme wildfire events are linked to global-change-type droughts in the northern Mediterranean. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(3), 847–856. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-847-2018>
- Triola, M. F. (2013). *Introdução à Estatística*. (LTC, Org.) (11^o ed). Rio de Janeiro: LTC.
- Van Wagner, C. E. (1987). *Development and structure of the Canadian forest fire weather index system*. (THE CANADIAN FORESTRY SERVICE GOVERNMENT OF CANADA, Org.), *Forestry*.
- Viegas, D., Viegas, M., & Ferreira, A. (1992). Moisture Content of Fine Forest Fuels and Fire Occurrence in Central Portugal. *International Journal of Wildland Fire*, 2(2), 69. <https://doi.org/10.1071/WF9920069>
- Viegas, D. (1994). Some Thoughts on the Wind and Slope Effects on Fire Propagation. *International Journal of Wildland Fire*, 4(2), 63. <https://doi.org/10.1071/WF9940063>
- Viegas, D. X., & Viegas, M. T. (1997). *Fine fuel moisture and flammability determination*. Coimbra.
- Viegas, D. X., Piñol, J., Viegas, M. T., & Ogaya, R. (2001). Estimating live fine fuels moisture content using meteorologically-based indices. *International Journal of Wildland Fire*, 10(2), 223–240. <https://doi.org/10.1071/WF01022>
- Viegas, D. X., Reis, R. M., Cruz, M. G., & Viegas, M. T. (2004). Calibração do Sistema Canadano de Perigo de Incêndio para Aplicação em Portugal. *Silva Lusitana*, 12(1), 77–93. Recuperado de <http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/slu/v12n1/12n1a07.pdf>
- Viegas, D. X., Rossa, C., & Ribeiro, L. M. (2011). *Incêndios Florestais* (1^o ed). Lisboa, Portugal: Verlag Dashöfer.

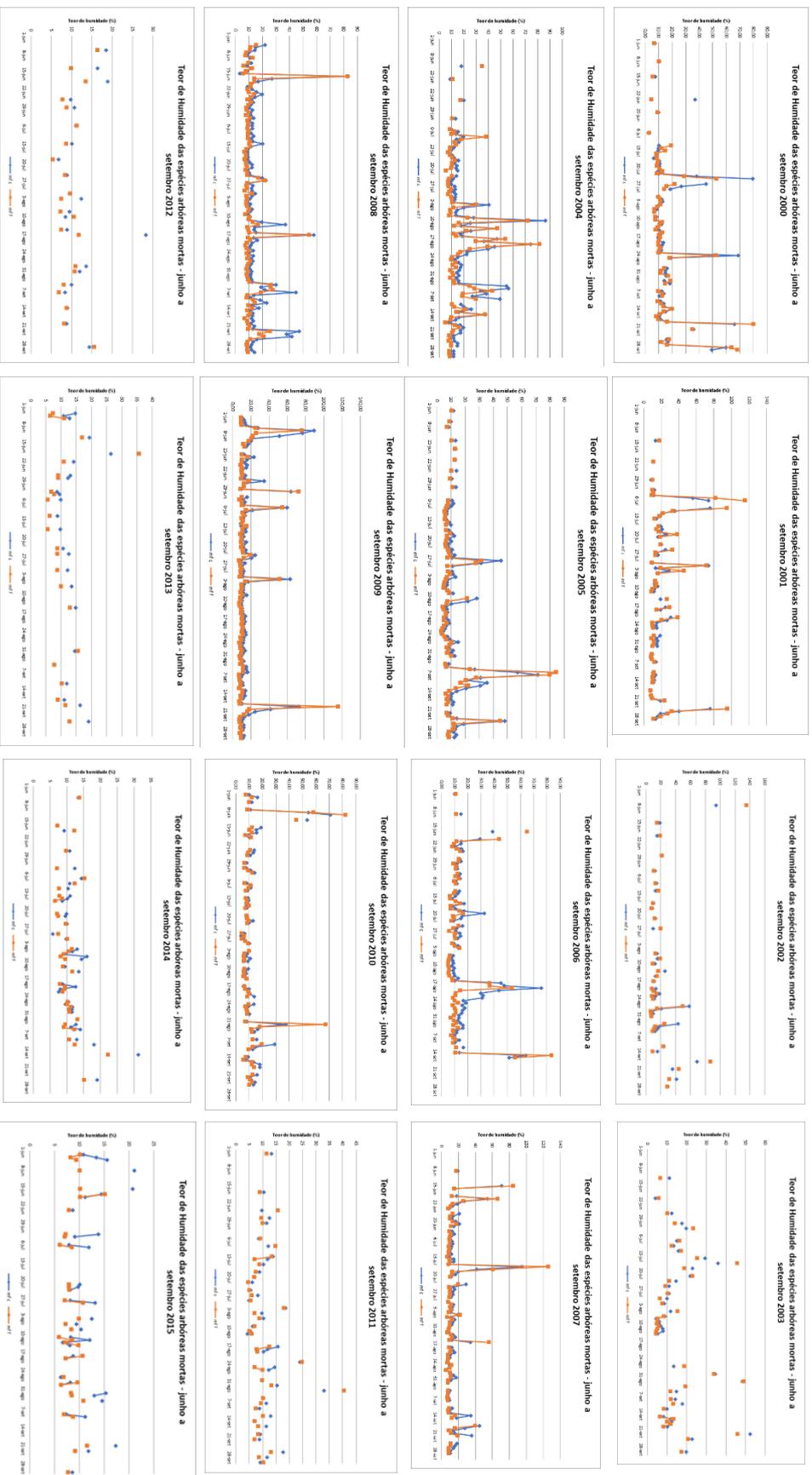
Varição do teor de humidade das espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (folhas mortas) – 2000 a 2015.



Pinus pinaster (mf c)

Eucalyptus globulus (mf f)

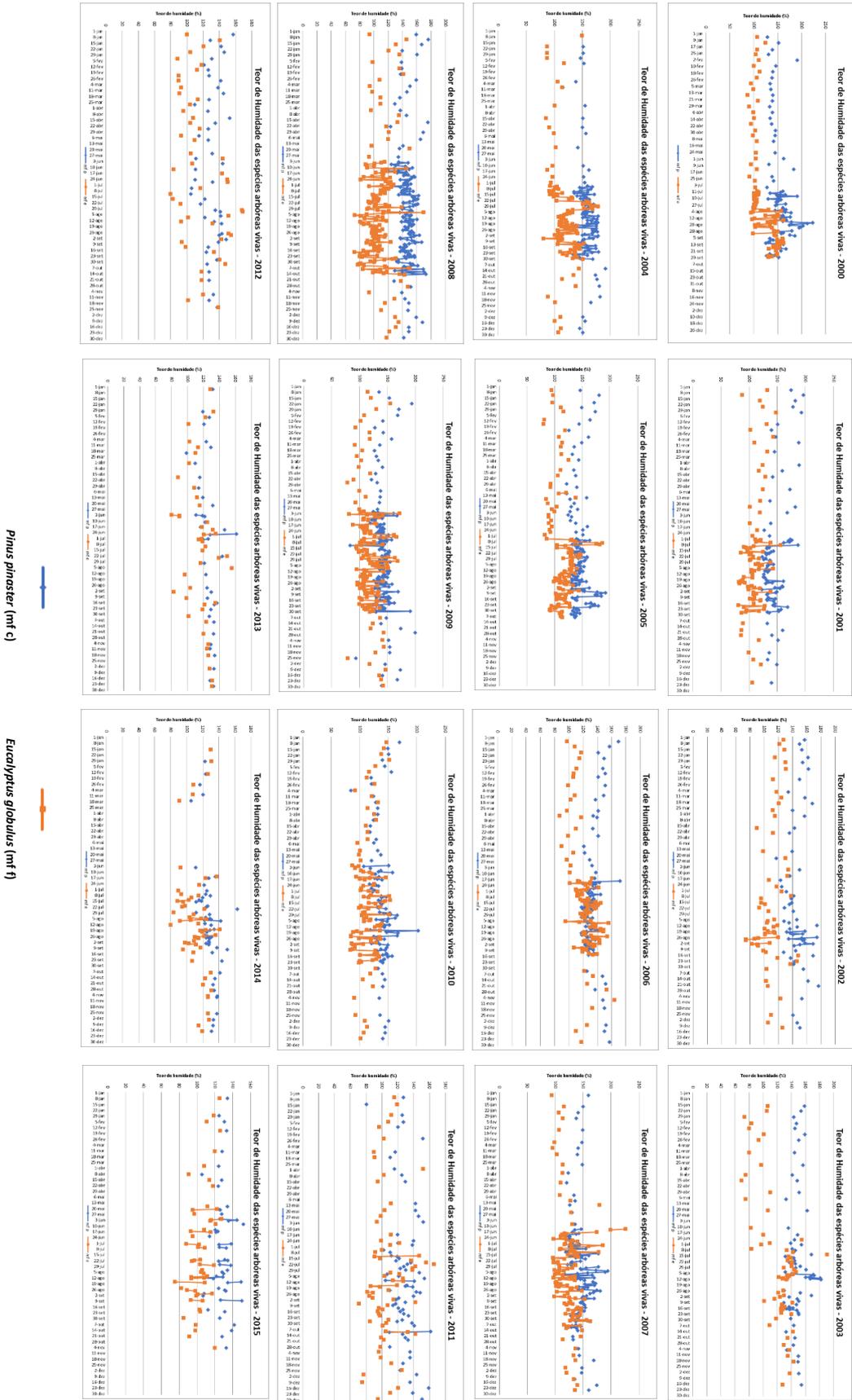
Variação do teor de humidade das espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (folhas mortas) – 2000 a 2015.
Temporada de incêndios



Pinus pinaster (mf c)

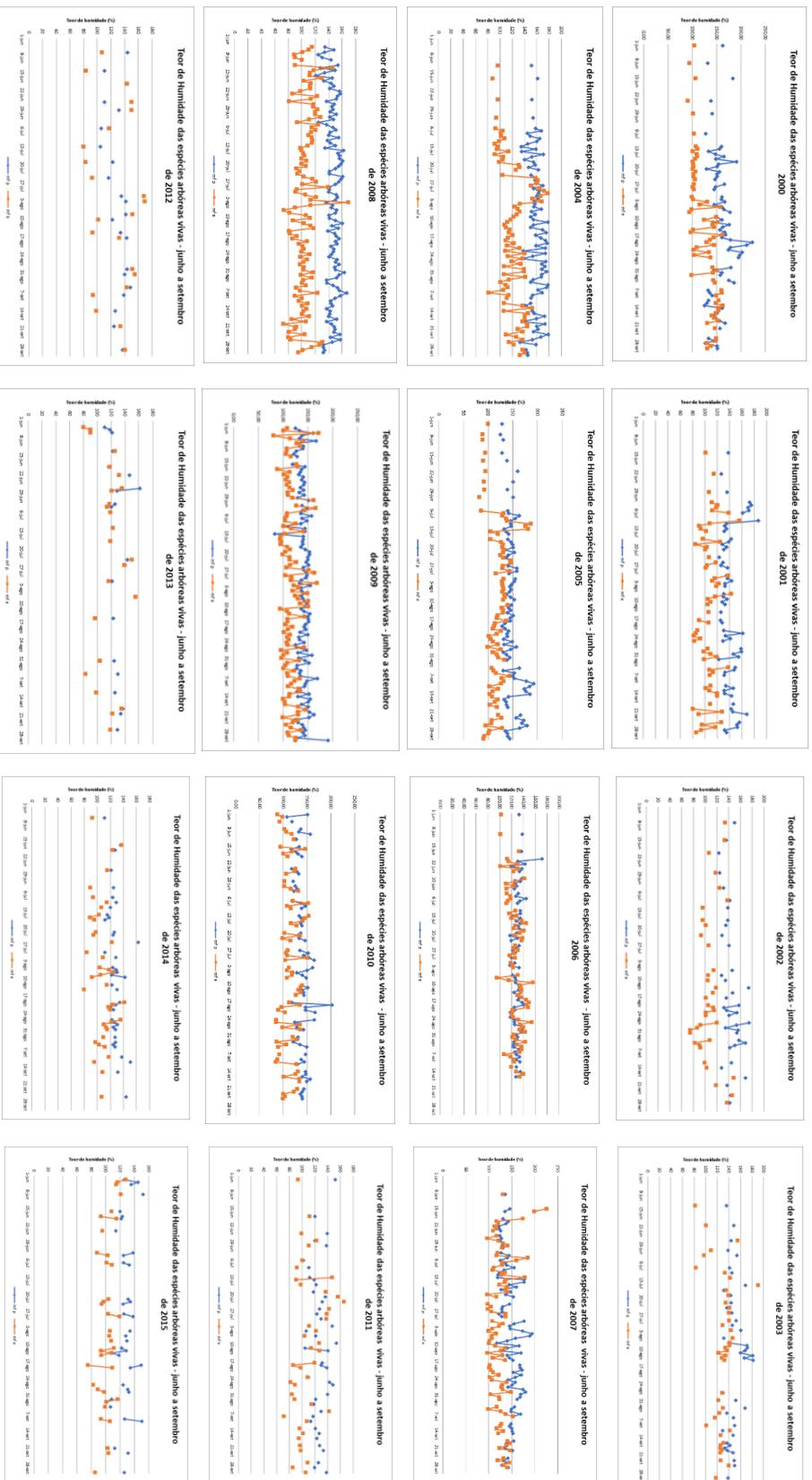
Eucalyptus globulus (mf f)

Varição do teor de humidade das espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (folhas vivas) – 2000 a 2015.



Variação do teor de humidade das espécies *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* (folhas vivas) – 2000 a 2015.

Temporada de incêndios



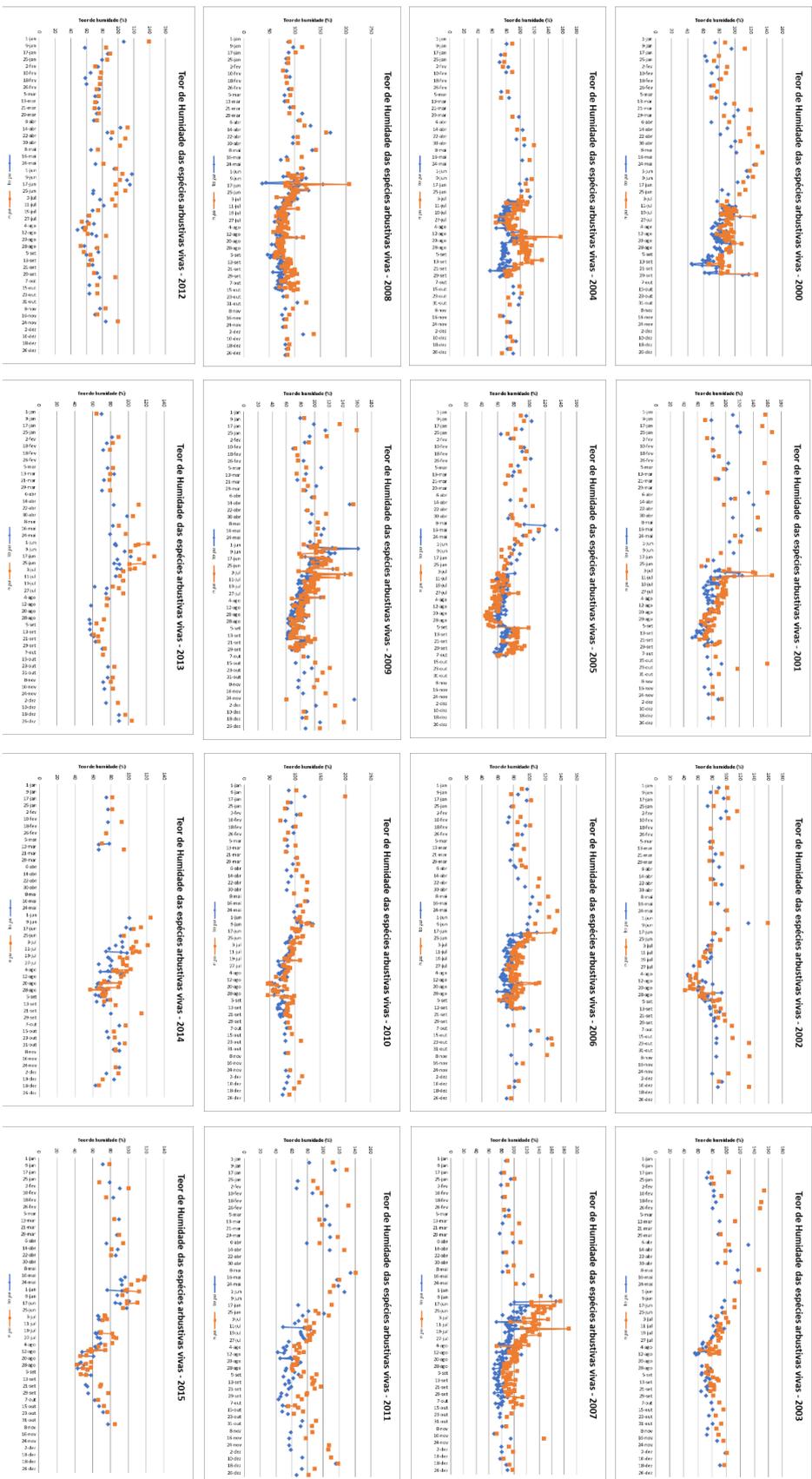
Pinus pinaster (m² c)



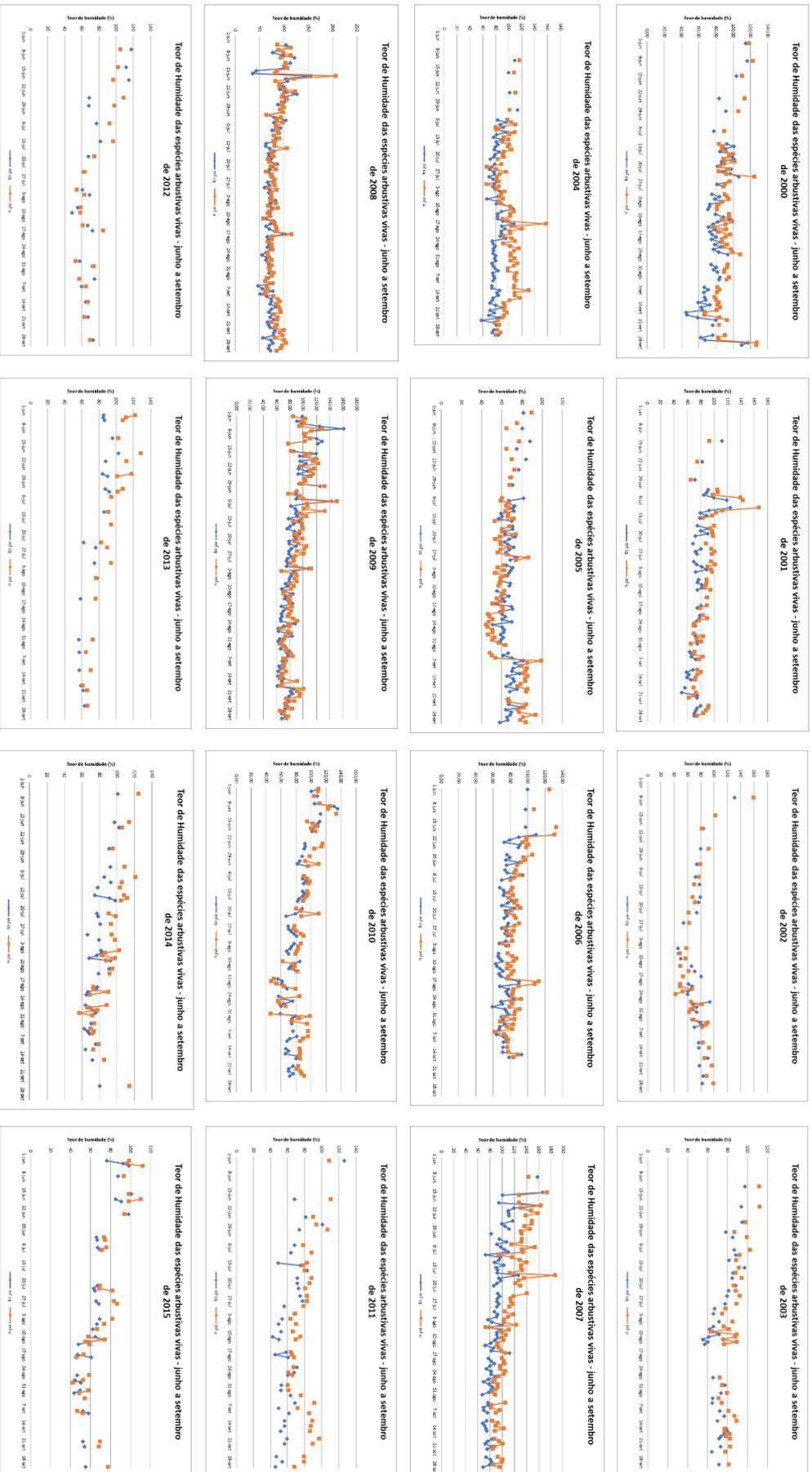
Eucalyptus globulus (m² f)



Variação do teor de humidade das espécies *Chamaespartium tridentatum* e *Calluna vulgaris* (vivas) – 2000 a 2015



Variação do teor de humidade das espécies arbustivas *Chamaespartium tridentatum* e *Calluna vulgaris* (vivas) – 2000 a 2015.
Temporada de incêndios



Chamaespartium tridentatum (mf cq)

Calluna vulgaris (mf u)